

201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ECONOMIA

EFFECTOS SOCIOECONOMICOS EN LAS EMISIONES DE SO₂(BIOXIDO DE AZUFRE): UN ENFOQUE DE ANALISIS BENEFICIO-COSTO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN ECONOMIA
P R E S E N T A :

ARACELI LUZ ALVA RODRIGUEZ MARTINEZ

ASESOR: DR. AMERICO SALDIVAR VALDEZ.



FEBRERO 1998

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

258860



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

*A la memoria de mi padre:
Efraín Rodríguez Méndez*

*A mi madre:
Eneviola Martínez Salas
Por el apoyo que me brinda en todo, pero particularmente para
concluir mi carrera profesional.*

*A mis hermanos:
Luis, Armando y Flor*

*A mi cuñado:
Ismael*

*Al profesor:
Javier Ruiz López
Por su amistad incondicional*

AGRADECIMIENTOS

AL:

INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO
particularmente al programa de estancias profesionales por la
infraestructura proporcionada para concluir esta tesis durante el
periodo noviembre de 1997 a octubre de 1998.

A mi asesor de la UNAM:

Dr. Americo Saldivar Valdés

Por el tiempo dedicado a este documento y por sus aportaciones.

A mi asesor del IMP:

Lic. Héctor Gerardo Trinidad García

Por su apoyo y aportación en la realización del anteproyecto de
norma y que es parte del capítulo 3 de mi tesis.

Al Dr. Adrián Barrera Roldan

INDICE	PAG.
	2
INTRODUCCIÓN	4

CAPITULO I LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL.

1. ANTECEDENTES	6
2. ¿QUE ES UNA NORMA AMBIENTAL?	23
2.1. NORMA AMBIENTAL SOBRE EMISIONES DE BIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂) EN EL SECTOR PETROQUÍMICO	26
3. ORIGEN Y PRODUCCIÓN DEL BIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)	29
3.1. EFECTOS DEL SO₂ A MATERIALES POR CORROSIÓN	31
3.2. EFECTOS DEL SO₂ EN CULTIVO	32
3.3. EFECTOS DEL SO₂ EN SALUD	32

CAPITULO II ANALISIS DEL BENEFICIO-COSTO

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	34
2. TEORIA DEL ANALISIS BENEFICIO-COSTO	40
2.1. COSTOS	42
2.1.1. COSTOS PRIVADOS	44
2.1.1.1. DIRECTOS	44
2.1.1.2. INDIRECTOS	45
2.1.2. COSTOS PÚBLICOS Y SOCIALES	45
2.1.2.1. DIRECTOS	45
2.2. BENEFICIOS	46
2.2.1. BENEFICIOS PRIVADOS	46
2.2.1.1. DIRECTOS	46
2.2.1.2. INDIRECTOS	46
2.2.2. BENEFICIOS PÚBLICOS Y SOCIALES	47
2.2.2.1. DIRECTOS	47

CAPITULO III

EVALUACIÓN Y ANALISIS DEL BENEFICIO-COSTO

1. EXPLICACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO	48
1.1. CACTUS	49
1.2. MATAPIONCHE	50
1.3. CIUDAD PEMEX	50
1.4. NUEVO PEMEX	51
1.5. POZA RICA	52
2. COSTOS DEL EQUIPO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AZUFRE Y REDUCIR EMISIONES DE SO₂	54
2.1. CORTO PLAZO	54
2.2. LARGO PLAZO	62
2.2.1. COSTO EFECTIVIDAD DEL PROCESO A LARGO PLAZO	62
3. BENEFICIOS DEL ANTEPROYECTO DE NORMA	68
3.1. CORTO PLAZO	71
3.1.1. BENEFICIOS EN SALUD DE ADULTOS	71
3.1.2. BENEFICIOS EN SALUD DE NIÑOS	73
3.1.3. BENEFICIOS EN CORROSIÓN	74
3.1.4. BENEFICIOS EN CULTIVO	75
3.1.5. BENEFICIOS POR LA VENTA DE AZUFRE	81
3.2. LARGO PLAZO	81
3.2.1. BENEFICIOS EN SALUD DE ADULTOS	81
3.2.2. BENEFICIOS EN SALUD DE NIÑOS	83
3.2.3. BENEFICIOS EN CORROSIÓN	83
3.2.4. BENEFICIOS EN CULTIVO	83
3.2.5. BENEFICIOS POR LA VENTA DE AZUFRE	90
4. RELACIÓN BENEFICIO-COSTO	92
4.1. RELACIÓN BENEFICIO-COSTO CORTO PLAZO	92
4.2. RELACIÓN BENEFICIO-COSTO LARGO PLAZO	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	95
ANEXOS	100
BIBLIOGRAFIA	107

INTRODUCCIÓN

1. En la presente tesis se aborda lo que significa el problema de la contaminación atmosférica, generada principalmente por los complejos procesadores de gas (CPG) de Cactus, Nuevo Pemex, Ciudad Pemex, Poza Rica y Matapionche que pertenecen a Pemex Gas y Petroquímica Básica. Los CPG están localizados en los estados de Tabasco, Veracruz y Chiapas donde la solución propuesta es la implantación de una norma ambiental para regular la emisión de bióxido de azufre generada por estos complejos.

El método del análisis beneficio-costos será la guía para tomar una decisión de inversión; por lo tanto se hace un planteamiento teórico expuesto por varios autores de la corriente neoclásica y contemporánea, donde todos coinciden que este método proviene de la economía del bienestar, asimismo se realiza un planteamiento práctico acerca del origen de este método.

El trabajo consiste básicamente en evaluar la elaboración de un anteproyecto de norma, con el método beneficio-costos para saber que tan viable es la decisión en aplicar una norma oficial que regule las emisiones máximas permisibles de bióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera, ubicada en 0.13 ppm (partes por millón) de acuerdo a estándares internacionales. Con este método se identifican todos los costos tanto en el corto plazo (1997-2000) como en el largo plazo (2000-2020), que se involucran con la aplicación de la norma, como los beneficios en salud, cultivo y corrosión, así como por la venta de azufre consecuencia de esta misma aplicación.

Siendo la contaminación un problema que se trata de solucionar con reglamentos o leyes emitidas por instituciones gubernamentales que se involucran. Una forma de darle solución es precisamente con la expedición de una norma ambiental que se encargue de fijar un nivel máximo de dicho contaminante para ser aplicada y vigilada en las unidades emisoras.

La contaminación que se padece hoy en día preocupa a la población en general, por las consecuencias que esto trae en la salud, agricultura y a los materiales de construcción expuestos. En la salud provoca padecimientos tales como infección respiratoria, bronquitis, ojos irritados, asma, mortalidad prematura etc. Por lo que corresponde a la agricultura, las partículas de bióxido de azufre influyen en la formación de la lluvia ácida, provocando

destrucción en cultivos y mantos acuíferos. Inclusive, esto puede ocurrir a cientos de kilómetros de distancia de la fuente de emisión, siendo una de las causas que provocan también la pérdida de fertilidad de la tierra; así como el desgaste y oxidación que ocasiona a los materiales de la construcción expuestos a dicho contaminante.

Es por ello que el gobierno se ha visto en la necesidad de establecer medidas de tipo ambiental para solucionar en parte el problema de la contaminación. Una medida es la norma ambiental donde se establecen las reglas que deberán observarse en el desarrollo de actividades que causen desequilibrio ecológico al ambiente.

La contaminación es un problema que se genera en la industria procesadora de gas provocando grandes consecuencias al medio ambiente, de ahí que a través de la aplicación de una norma se proponga regular esa contaminación principalmente la emitida por fuentes fijas para disminuir los efectos.

2. Las Instituciones gubernamentales son las encargadas de aplicar y vigilar el cumplimiento de las normas por ello:

En el primer capítulo se aborda la importancia de la legislación ambiental, como los cambios que se vienen generando en ella, así como la participación de las instituciones involucradas.

Posteriormente ya de una manera particular se explica lo que significa una norma ambiental en general y para regular las emisiones de bióxido de azufre (SO₂), como la forma de generar este contaminante y sus efectos en la salud cultivo y corrosión.

En el segundo capítulo se aborda el planteamiento teórico del análisis beneficio-costos como el planteamiento de una metodología general diferenciando entre los costos y beneficios tanto públicos como privados.

En el tercer capítulo se realiza en forma práctica el análisis beneficio-costos del anteproyecto de norma y se explica la forma como se fue elaborando para obtener los costos y beneficios.

CAPITULO I

LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL.

1. ANTECEDENTES

La creciente industrialización que se viene generando en nuestro país principalmente a mediados del actual siglo es la causa fundamental de la contaminación del medio ambiente¹, de ahí que el gobierno establezca medidas que solucionen parte del problema particularmente a partir de la década de los setenta.

La conciencia por parte del gobierno en cuanto a la gravedad del problema de la contaminación a hecho que busque soluciones involucrando también a toda la población.

Por lo tanto el Estado ha propuesto entre muchas otras las siguientes medidas: "Integrar a la planeación del desarrollo nacional políticas y normas para el ordenamiento ecológico del territorio e impacto ambiental."²

Dado que la legislación ambiental es un conjunto de Leyes y normas vigentes expedidas por el estado encaminadas a lograr la preservación, restauración y el equilibrio ecológico del medio ambiente.³

Y siendo la actividad industrial la principal generadora de la contaminación, se trata de regular todos los sectores de la economía, para así dar una mayor protección al medio ambiente, mediante la introducción de normas que fijan valores máximos de contaminación que no pongan en peligro la vida de generaciones futuras.

¹ "De acuerdo al Artículo 3º de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define el término ambiente como "El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan: en un espacio y tiempo determinados."

² Dardón Bravo Emilio, Programa de Derecho Ambiental, tomado de internet el 8 de Dic. de 1997 en la dirección <http://rtn.net.mx/ambiental/>

³ Ibid. Pág. 3

Aunque antes al año de 1970 no existe una legislación ambiental que cuide del medio ambiente; y únicamente se cuenta con un código sanitario⁴ que se encarga de proteger la salud de los trabajadores y habitantes, a través de reglamentos que se aplican a los establecimientos industriales y comerciales, por ser considerados como fuentes emisoras de ruido, humo y polvo, además de clasificarse en inofensivos, molestos, insalubres y peligrosos.

La preocupación de la contaminación que existe en México respecto al medio ambiente se amplía en la década de los setenta, a través de crear instituciones dedicadas al cuidado ambiental que se encargan de hacer cumplir la legislación ambiental.⁵

La Legislación mexicana que se aplica en el país se apoya en decisiones que a nivel internacional se toman en eventos como el de Estocolmo en 1972 y en 1992 y 1997 en Río de Janeiro organizados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que más adelante se explican donde se abordan temas que obedecen al cuidado del medio ambiente.

Apoyándose en decisiones que a nivel Internacional se toman para el cuidado del medio ambiente y que se dan principalmente en la década de los setenta con el evento que se da en Estocolmo en 1972, es a partir de esta que en nuestro país se aplican medidas mas estrictas respecto al cuidado del medio ambiente continuando en los próximos años con la apertura comercial principalmente con el Tratado de Libre Comercio (TLC).

La constitución de 1917 es la base jurídica para construir lo que se considera derecho o legislación ambiental, apoyandose en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Congreso de la Unión revisa las medidas adoptadas por el Consejo de Salubridad General en materia ambiental.⁶

El artículo 27 de la constitución es la base fundamental para proyectar la legislación para promover la conservación y protección del medio ambiente

⁴ Diario Oficial de la Federación 31-VIII-1934.

⁵ Morales Aragón Eliezer, Dávila Pérez Consuelo, La Nueva Relación de México con América del Norte, México 1994, editorial UNAM, Ob. Cit pág. 305.

⁶ González Márquez José Juan, La Gestión Ambiental en México, En Conferencias sobre Legislación Ambiental UAM Azcapotzalco, 1995 pág. 7

ya que en ella se habla de la propiedad de las tierras y aguas que son de la nación y tiene el derecho de regular en beneficio social el aprovechamiento de los recursos naturales.⁷

El origen de la legislación ambiental⁸ en el país data de 1971 con la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente al interior de la Secretaría de Salud quien se encarga de aplicar la también expedida Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, en coordinación con la Secretaría de Recursos Hidráulicos en materia de prevención y control de la contaminación de aguas; La Secretaría de Agricultura y Ganadería en materia de suelos y la Secretaría de Industria y Comercio en lo que hace a la contaminación derivada de actividades industriales o comerciales en su Artículo primero dice: “Esta ley y sus reglamentos regirán la prevención y control de la contaminación y el mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente, actividades que se declaren de interés público”. En el Artículo Tercero expresa: “Serán motivo de prevención, regulación y prohibición por parte del Ejecutivo Federal, los contaminantes y sus causas cualquiera que sea su procedencia u origen que en forma directa o indirecta sean capaces de producir contaminación o degradación de los sistemas ecológicos”. Este es el primer ordenamiento jurídico que se encarga de proteger al medio ambiente tomando en cuenta la salud humana, los recursos naturales y la atmósfera.⁹

En 1982 se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y a su interior la Subsecretaría de Ecología a quien corresponde vigilar la protección del medio ambiente, flora y fauna silvestre, marítima, fluvial y

⁷ Programa de Derecho Ambiental op. cit. Pág. 10

⁸ En el texto oficial del TLC definen como “Legislación Ambiental” a cualquier ley o reglamento de una Parte, o sus disposiciones, cuyo propósito principal sea la protección del medio ambiente, o la prevención de un peligro contra la vida o la salud humana, a través de:

- a) La prevención, el abatimiento o el control de una fuga, descarga, o emisión de contaminantes ambientales,
- b) El control de químicos, sustancias materiales o desechos peligrosos o tóxicos, y la diseminación de información relacionada con ello; o
- c) La protección de la flora y fauna silvestre. En SECOFI, Tratado de Libre Comercio de América del Norte, Texto Oficial, Editorial Miguel Angel Porrúa, 1993, págs. 1135-1137

⁹ Ibid Págs. 6, 8. Y Programa de Derecho Ambiental ob. cit. Págs. 16-17

lacustre, recursos forestales y aguas residuales, también se expide la Ley Federal de Protección al Ambiente, cuyo principal objetivo es establecer normas en materia de emisión de contaminantes a la atmósfera, residuos peligrosos y descarga de aguas residuales, para la protección del medio ambiente y recursos naturales que lo integran, así como para la prevención y control de contaminantes.¹⁰ También en dicha Ley se establece que las funciones que corresponden a la Secretaría de Salud en materia de ecología se otorgan a SEDUE.

Con la cooperación bilateral que se realiza en 1983 se firma del Convenio Ambiental de Cooperación para la protección del Medio Ambiente México-Estados Unidos, mejor conocido como convenio de La Paz, el cual tiene como objetivo establecer las bases de protección, mejoramiento y conservación del medio ambiente así como acordar medidas de protección.¹¹

En 1988 se expide la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), a través de esta Ley se trata de prevenir la contaminación de la atmósfera que se genera por la emisión de fuentes fijas¹² o móviles¹³.

En los Artículos No. 110, 111 y 113 de esta Ley se señala lo siguiente:¹⁴

“Art. 110. Para la protección a la atmósfera se consideran los siguientes criterios:

- I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país, y

¹⁰ *Ibid* pág. 10

¹¹ La Nueva Relación de México con América del Norte, *opcit* pág. 305

¹² Fuente Fija: Es una instalación en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar procesos industriales que generen emisiones a la atmósfera. Cualquier construcción, estructura o equipo que emita algún contaminante a la atmósfera. Tomado de la Legislación Ambiental en Fuentes Fijas, Ciclo de Conferencias de Gesca de la UAM-Azcapotzalco. Marzo, 1995.

¹³ Son considerados los objetos que se desplazan de un lugar a otro como los automóviles.

¹⁴ Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente, México, Editorial Porrúa, 1994, pág. 53-56.

II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, deben ser reducidas y controladas para asegurar una calidad del aire satisfactoria en el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Art. 111. Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la SEDUE:

I. En coordinación con la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana, expedirán las normas técnicas ecológicas, especificando los niveles permisibles de emisión por contaminante.

IV. Expedirá procedimientos certificados para la medición de las emisiones de contaminante a la atmósfera.

En el siguiente Artículo se establece también que:

Art. 113. No podrán emitirse contaminantes a la atmósfera, que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. Cuando dichas emisiones contengan materiales y residuos peligrosos, se requerirá para su emisión la previa autorización de la Secretaría."¹⁵

El Reglamento de la LGEEPA establece en los siguientes Artículos los requisitos necesarios para reducir la contaminación en fuentes fijas:¹⁶

Art. 16. Las emisiones de partículas generadas por fuentes fijas, no deberán exceder los límites permisibles de emisión según se trate.¹⁷

Art. 17. Los responsables de las fuentes fijas están obligados a:

- I. Emplear equipos y sistemas de control.
- II. Integrar un inventario de emisiones.
- III. Instalar plataformas y puertos de muestreo.
- IV. Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera.
- V. En ciertos casos realizar muestreos perimetrales.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ La Legislación Ambiental en Fuentes Fijas, elaborado por el Ciclo de Conferencias de GESCA de la UAM-Azcapotzalco. Marzo, 1995.

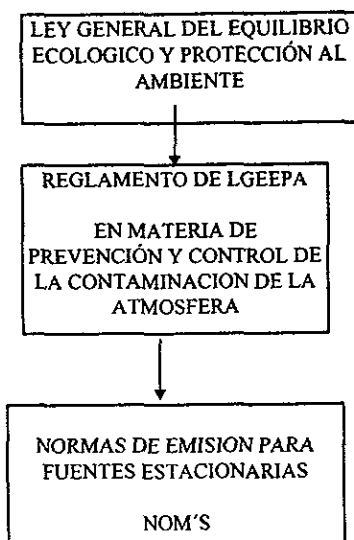
¹⁷ Ibid.

VI. Llevar bitácora de equipos de proceso y control.¹⁸

Art. 18. Todas las fuentes fijas que emitan partículas sólidas o líquidas a la atmósfera requerirán licencia de funcionamiento expedida por la Secretaría, la que tendrá una vigencia indefinida.¹⁹

Art. 23 y 24. Las emisiones de fuentes fijas deberán canalizarse a través de ductos y/o chimeneas de descarga; las cuales deberán tener la altura efectiva necesaria para dispersar las emisiones contaminantes.²⁰

Su estructura jerárquica de la legislación ambiental en relación a expedir normas tiene las siguientes características:²¹



En 1992 se crea la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la cual sustituye a la SEDUE en materia ambiental siendo sus principales funciones²²:

a) Promover la protección y restauración del ambiente;

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid

²¹ Ibid.

²² Programa de Derecho Ambiental Ob. Cit. Págs. 56-57

- b) Conducir la política de saneamiento ambiental, en coordinación con la secretaría de Salud y demás dependencias competentes;
- c) Establecer normas para el aprovechamiento de los recursos naturales y para preservar y restaurar la calidad del ambiente, con la participación que corresponda a otras dependencias;
- d) Determinar las normas y, en su caso, ejecutar las acciones que aseguren la conservación o restauración de los ecosistemas fundamentales para el desarrollo de la comunidad, con la participación que corresponda a otras Dependencias, y a los Gobiernos Estatales y Municipales;
- e) Vigilar en coordinación con las Autoridades Federales, Estatales y Municipales, el cumplimiento de las normas para la protección, defensa y restauración del ambiente, asimismo, establecer mecanismos, instancias y procedimientos administrativos que procuren el cumplimiento de tales fines.

En el interior de la SEDESOL también son creados los siguientes órganos desconcentrados como el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PFPA) con la finalidad de proteger al medio ambiente para lograr un equilibrio ecológico.²³ También se expide la Ley General sobre Metrología y Normalización (LGMN), donde se establece un procedimiento uniforme para llegar a elaborar una norma, por sector y contaminante en un tiempo de un año, mencionando estos pasos en este mismo capítulo en el punto 2. Además de fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración de estas normas y de involucrar a los sectores público, privado, científico y de consumidores.²⁴

Dentro del INE se crea el Comité Consultivo Nacional de Normalización (CCNN) para la Protección Ambiental (formado por Universidades, Centros de Investigación, Cámaras de Comercio e Industria etc.).

²³ La Gestión Ambiental en México Ob. Cit pág. 18

²⁴ González Guadalupe De la Luz, Normatividad Ambiental para Fuentes Móviles, en Conferencias sobre Legislación Ambiental, México 1995, UAM Azcapotzalco.

Las actividades ecológicas que la SEDESOL otorga al INE son:²⁵

- Formular y conducir la política ecológica,
- Promover el ordenamiento ecológico en todo el Territorio Nacional, en coordinación con las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, con los Gobiernos Estatales y Municipales y con la participación de los Sectores Social y Privado.
- Determinar las normas que aseguren la conservación o restauración de los ecosistemas.
- Formular las normas técnicas y criterios ecológicos de observancia en todo el Territorio Nacional.
- Promover el aprovechamiento de los recursos naturales,
- Realizar evaluaciones de impacto ambiental de aquellos proyectos públicos, sociales y privados.²⁶
- Evaluar la calidad del ambiente en concurrencia con las Dependencias de la Administración Pública Federal relacionadas y los Gobiernos de los Estados y Municipios.
- Formular y conducir la política general de saneamiento ambiental, en coordinación con la Secretaría de Salud y demás dependencias competentes.

Por otra parte la PFFA se encarga de²⁷:

- Vigilar el cumplimiento de la LGEEPA,
- Promover la participación social,
- Vigilar por los intereses de la población,
- Realizar auditorías ambientales y peritajes,
- Aplicar medidas de seguridad e imponer sanciones,
- Denunciar ante el Ministerio Público Federal.²⁸

²⁵ Ing. López Flores Miguel Angel, La salud Ocupacional en México, en Conferencias Sobre Legislación Ambiental, México 1995, UAM Azcapotzalco. Pág. 15 y Programa de Derecho Ambiental Ob. Cit. Págs. 68-69

²⁷ Ibid pág. 15

²⁸ Ibid pág. 15

En 1994 se crea la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) restando atribuciones a las Secretarías de Desarrollo Social, como de Agricultura y Recursos Hidráulicos, hoy Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, así como de la Secretaría de Salud, y a la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal. Las funciones de la SEMARNAP en cuanto a la protección, conservación y restauración del medio ambiente son:²⁹

- a) Establecer normas oficiales sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente y de los ecosistemas, sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, sobre descargas de aguas residuales, y respecto de materiales y residuos sólidos peligrosos y por lo que hace a la actividad minera.
- b) Evaluar la calidad del ambiente y establecer el sistema de información ambiental.
- c) Conducir las políticas nacionales sobre el cambio climático y en lo que hace a la protección de la capa de ozono.
- d) Promover la participación de la comunidad científica en la formulación, aplicación y vigilancia de la política ambiental.
- e) Concertar acciones e inversiones con los Sectores Social y Privado para la protección y restauración del ambiente.

Una vez elaborada la norma con la finalidad de disminuir emisiones a la atmósfera, la gestión ambiental la realiza la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), a través del INE con facultades técnico-normativa y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) cuya función es vigilar la aplicación de la LGEEPA.

Posteriormente con el Programa de Medio Ambiente 1995-2000 se concretan los planes en materia ambiental. El programa se propone detener el deterioro del medio ambiente, de los ecosistemas y de los recursos naturales, así como establecer las bases de la restauración y recuperación ecológico, tomando como punto de partida el desarrollo sustentable, es decir el progreso económico y social en plena armonía con el medio ambiente. Mediante instrumentos de política ambiental entre ellos la expedición de normas que permiten estructurar el control de las actividades contaminantes y reducirlas a

²⁹ Programa de Derecho Ambiental Op. Cit. Págs. 80-81

un mínimo tolerable, lo que constituye un factor decisivo en la defensa, restauración y protección del ambiente.³⁰

En 1996 se emite la Ley Ambiental del Distrito federal y de acuerdo al Artículo 1º. Donde especifica que la Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular la protección del ambiente, así como la prevención y control de la contaminación, la restauración y conservación ecológica del Distrito Federal. En el Artículo 7º. Establece que "Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente sano. Las autoridades, en los términos de ésta y otras Leyes, tomarán las medidas necesarias para preservar ese derecho."³¹

El Artículo 91 de la Ley ordena que todas las personas están obligadas a cumplir con los requisitos y respetar los límites de emisiones contaminantes a la atmósfera, agua, suelo, subsuelo, redes de drenaje y alcantarillado y cuerpos receptores del Distrito Federal establecidos por las normas oficiales o por las condiciones particulares de descarga. En el Artículo 101 se impone a los propietarios de fuentes fijas que las emisiones no rebasen la norma específica de control.³²

El interés gubernamental por cuidar los ecosistemas es muy grande, sin embargo para lograr un desarrollo compatible con el cuidado ambiental es a largo plazo a través de factores externos como el Tratado de Libre Comercio (TLC).³³

En febrero de 1992 se presenta el Plan Integral Ambiental Fronterizo México-Estados Unidos 1992-1994 (PIAF) que persigue fortalecer el cumplimiento de la legislación vigente (Convenio de La Paz), reducir la contaminación a través de nuevas iniciativas y mejorar el conocimiento del medio ambiente fronterizo.³⁴

Considerando ambos gobiernos que "si bien un tratado de libre comercio podría traer grandes beneficios a los habitantes de los países, podría también tener consecuencias en el ambiente".³⁵

³⁰ Ibid. Págs. 20-21

³¹ "Misiva Jurídica Ambiental" tomado de internet en <http://rolac.unep.mx/deramb/esp/misiva/mjamb01e.htm>

³² Programa de Derecho Ambiental Op. Cit. Págs. 48,53-54.

³³ La Nueva Relación de México con América del Norte, Ob. Cit pág. 301.

³⁴ Ibid. Ob. Cit pág. 305

³⁵ SEDUE. Plan Ambiental Integral Fronterizo, México, febrero de 1992, pág. 1.

Durante las negociaciones del TLC ambos gobiernos se comprometen a proteger, conservar el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible.³⁶

La apertura comercial durante la década de los ochenta contribuyó a intensificar las medidas en política ambiental por las repercusiones en la degradación del medio ambiente, principalmente con Estados Unidos y Canadá a partir de la firma del (TLC), en el que hay un Acuerdo de Cooperación Ambiental que se termina de negociar en agosto de 1993 y se firma en septiembre de 1994 donde establecen algunas referencias en aspectos ambientales.³⁷

Como conservar, proteger, y mejorar el medio ambiente en sus territorios para alcanzar un desarrollo sustentable, en beneficio de las generaciones presentes y futuras;

Tomar en cuenta las diferencias de sus respectivas riquezas naturales, condiciones climáticas y geográficas, así como sus capacidades económicas, tecnológicas y de infraestructura;

Reafirmar el derecho de los Estados para aprovechar sus propios recursos según sus políticas ambientales y de desarrollo, así como su responsabilidad de que sus actividades no causen daño al medio ambiente de otros estados ni a zonas fuera de los límites de jurisdicción nacional,³⁸

Basándose en la declaración de Estocolmo sobre medio ambiente de 1972 y la declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992;

Toman en cuenta la tradición de cooperación ambiental y expresan el deseo de apoyar y realizar los acuerdos ambientales internacionales, las políticas y leyes ambientales;

Además de estar convencidos de los beneficios que se derivan de una comisión, que facilite la cooperación efectiva para conservar, proteger y mejorar el medio ambiente en sus territorios.³⁹

Los objetivos que se establecen en este acuerdo son:

³⁶ La Nueva Relación de México con América del Norte, Ob. Cit. pág. 314

³⁷ Tratado de Libre Comercio de América del Norte, Ob. Cit. pág.1088.

³⁸ Ibid pág. 1099

³⁹ Ibid pág.1099-1100

- “a) Alentar la protección y el mejoramiento del medio ambiente en territorio de las Partes, para el bienestar de las generaciones presentes y futuras;
- b) Promover el desarrollo sustentable a partir de la cooperación y el apoyo mutuo en políticas ambientales y económicas;
- c) Incrementar la cooperación entre las partes encaminada a conservar, proteger y mejorar aún más el medio ambiente. incluidas la flora y fauna silvestre;
- d) Apoyar las metas y los objetivos ambientales del TLC;
- e) Evitar la creación de distorsiones o de nuevas barreras en el comercio;
- f) Fortalecer la cooperación para elaborar y mejorar la leyes, reglamentos, procedimientos, políticas y prácticas ambientales;
- g) Mejorar la observancia y la aplicación de las leyes y reglamentos ambientales;
- h) Promover la transparencia y la participación de la sociedad en la elaboración de leyes, reglamentos y políticas ambientales;
- i) Promover medidas ambientales efectivas y económicamente eficientes;
- j) Promover políticas y prácticas para prevenir la contaminación.”⁴⁰

Las obligaciones de cada una de las partes son:

- “a) Periódicamente elaborar y poner a disposición pública informes sobre el estado del medio ambiente;
- a) Elaborar y revisar medidas para hacer frente a la contingencias ambientales;
- b) Promover la educación en asuntos ambientales, incluida la legislación ambiental;
- c) Fomentar la investigación científica y el desarrollo de tecnología en materia ambiental;
- d) Evaluar los impactos ambientales, cuando proceda;
- e) Promover el uso de instrumentos económicos para la eficiente consecución de las metas ambientales.”⁴¹

Se reconoce el derecho de cada una de las partes de establecer, en lo interno, sus propios niveles de protección ambiental, así como de modificar sus leyes y reglamentos ambientales, en el que se garantice su protección ambiental,

⁴⁰ Ibid pág. 1101

⁴¹ Ibid pág. 1102

ésto se debe publicar o poner a disposición de las personas interesadas, para su conocimiento.

Para lograr altos niveles de protección del ambiente y de cumplimiento con sus leyes y reglamentos ambientales, cada una de las Partes las aplicara a través de medidas gubernamentales adecuadas, tales como:

- a) "Nombrar y capacitar inspectores;
- b) Vigilar el cumplimiento de las leyes e investigar las presuntas violaciones, inclusive mediante visitas de inspección;
- c) Tratar de obtener promesas de cumplimiento voluntario y acuerdos de cumplimiento;
- d) Difundir públicamente información sobre incumplimiento;
- e) Emitir boletines u otras publicaciones periódicas sobre los procedimientos para la aplicación de leyes;
- f) Promover las auditorías ambientales;
- g) Requerir registros e informes;
- h) Proveer o alentar el uso de servicios de mediación y arbitraje;
- i) Utilizar licencias, permisos y autorizaciones;
- j) Iniciar, de manera oportuna, procedimientos judiciales, cuasijudiciales, o administrativos para procurar las sanciones o las soluciones adecuadas en caso de violación de sus leyes y reglamentos ambientales;
- k) Establecer la posibilidad de practicar cateos, decomisos y detenciones administrativas; o
- l) Expedir resoluciones administrativas, incluidas las de naturaleza preventiva, reparadora o de emergencia.⁴²

Para lograr que este acuerdo se cumpla se crea una Comisión para la Cooperación Ambiental estando integrada por un Consejo, un Secretariado y un Comité Consultivo Público Conjunto.

El Consejo estará integrado por Representantes de los 3 países en materia ambiental, será el órgano rector de la Comisión.

El Consejo podrá:

- a) Establecer y delegar responsabilidades en comités o permanentes, en grupos de trabajo y de expertos;

⁴² Ibid pág. 1103-1104

b) Solicitar la asesoría de personas o de organizaciones sin vinculación gubernamental, incluidos expertos independientes.⁴³

El Consejo podrá examinar y elaborar recomendaciones sobre:

- a) “Técnicas y estrategias para prevenir la contaminación;
 - b) El uso de instrumentos económicos para la consecución de objetivos ambientales internos o acordados a nivel internacional;
 - c) Promoción de la conciencia pública en relación con el medio ambiente;
 - d) Cuestiones ambientales en zonas fronterizas o de naturaleza transfronteriza, tales como el transporte a larga distancia de contaminantes del aire y de los mares;
 - e) Enfoques sobre el cumplimiento y la aplicación de las leyes ambientales.”⁴⁴
- El consejo fortalecerá la cooperación para elaborar leyes y reglamentos ambientales, así como su mejoramiento continuo, especialmente a través de:

- a) “La promoción del intercambio de información sobre criterios y metodologías utilizadas para establecer las normas ambientales internas; y
- b) el procedimiento de un proceso para elaborar recomendaciones sobre una mayor compatibilidad de reglamentaciones técnicas, normas y procedimientos de evaluación de la conformidad ambientales, de manera congruente con el TLC, sin reducir los niveles de protección ambiental.”⁴⁵

El consejo alentará:

- a) “La aplicación efectiva por cada una de las partes de sus leyes y reglamentos ambientales;
- b) El cumplimiento de dichas leyes y reglamentos; y
- c) La cooperación técnica entre las partes.”⁴⁶

El Consejo cooperará con la Comisión de Libre Comercio del TLC para alcanzar las metas y objetivos ambientales del TLC.

⁴³ Ibid pág. 1107

⁴⁴ Ibid pág. 1108-1109

⁴⁵ Ibid pág. 1109

⁴⁶ Ibid pág. 1110

El Secretariado será presidido por un Director Ejecutivo designado por el Consejo por un período de tres años. El cargo se rotará entre los nacionales de cada una de las partes.

El Secretariado preparará el informe anual de la Comisión conforme a la instrucciones que reciba del Consejo. El informe comprenderá:

Las medidas tomadas por cada una de la Partes en relación con sus obligaciones conforme a este Acuerdo, incluyendo información sobre actividades para aplicar las leyes ambientales;⁴⁷

El Secretariado podrá examinar peticiones de cualquier persona u organización sin vinculación gubernamental que asevere que una parte está incurriendo en omisiones en la aplicación efectiva de su legislación ambiental, si juzga que la petición parece encaminada a promover la aplicación de la Ley.⁴⁸

El Comité Consultivo Público Conjunto se integrara por quince personas, cada una de las partes o, si la parte así lo decide, su Comité Consultivo Nacional, designará el mismo número de miembros.

El Comité podrá asesorar el Consejo sobre cualquier asunto perteneciente al ámbito de este Acuerdo.

Cada una de las partes podrá convocar un Comité Consultivo Nacional, integrado por miembros de la sociedad, incluyendo representantes de organizaciones y personas sin vinculación gubernamental, con el fin de recibir asesoría sobre la aplicación y ulterior desarrollo de este Acuerdo.

Cada una de las partes podrá convocar un Comité Gubernamental, que podrá estar integrado por representantes de los Gobiernos Federal, Estatal o Provinciales, con el fin de recibir asesoría sobre la aplicación y el ulterior desarrollo de este Acuerdo.⁴⁹

El Organismo que a nivel internacional se preocupa por proteger al medio ambiente es la Organización de las Naciones Unidas (ONU), este es un Organismo formado por países desarrollados y subdesarrollados que promueve el desarrollo y da soluciones al problema de la degradación

⁴⁷ Ibid pág. 1113

⁴⁸ Ibid pág. 1115

⁴⁹ Ibid pág. 1118

ambiental para no poner en riesgo el futuro de las generaciones futuras, para lo cual organiza eventos a nivel internacional donde se involucran todos los países del mundo que son afectados por la contaminación que producen sus propias industrias, en 1972 convocó en Estocolmo a la primera Conferencia Internacional en la que se establecen los siguientes principios:⁵⁰

- “Los recursos de la tierra deben preservarse mediante una cuidadosa planificación u ordenación; para tal caso debe considerarse la capacidad de la tierra para producir recursos vitales renovables,
- Los recursos no renovables deben emplearse de forma que se evite el futuro peligro de su agotamiento,
- Debe terminarse la descarga de sustancias y materiales tóxicos.”⁵¹

Y culminó con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) quien en 1985 puso en marcha un Programa de Derecho Ambiental cuyo objetivo es contribuir al perfeccionamiento de la Legislación Ambiental y su aplicación en América Latina y el Caribe. Este programa a brindado asistencia técnica orientado principalmente a la preparación de leyes ambientales generales. El programa se ha interesado, finalmente, en la programación de la política legislativa para la protección del medio ambiente, y la promoción del desarrollo sostenible.⁵²

En 1987 la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas presentan un informe final al que le denominan “Nuestro Futuro Común”⁵³ en el que se hace una evaluación de la situación ambiental mundial, y se hacen propuestas teóricas para resolver el problema del calentamiento atmosférico y destrucción de la capa de ozono consecuencia de la misma contaminación.

⁵⁰ La Gestión Ambiental en México Ob. Cit. pág. 8-9.

⁵¹ *Ibid.* Pag. 8-9.

⁵² “Derecho Ambiental” tomado de internet http://rolac.unep.mx/deramb/esp/deramb_e.htm

⁵³ Esta comisión se constituyó en 1983 y fue encabezada, a solicitud del Secretario General de las Naciones Unidas, por la Sra. Gro Harlem Brundtland, quien creó una Comisión Independiente de Ministros, Científicos y Legisladores, a fin de realizar estudios, debates y audiencias públicas en los cinco continentes durante casi tres años, los cuales dieron origen al documento Nuestro Futuro Común, que analizó de manera profunda la problemática en torno al desarrollo sostenible. Gestión Ambiental en México Ob. Cit. pág. 12.

En 1992 se convocó en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), en la que se reunieron las naciones para adoptar las decisiones que se tomaron en Estocolmo y hacer frente al desafío de lograr un equilibrio viable y equitativo entre medio ambiente y desarrollo y un futuro sostenible para la Tierra y sus habitantes. También se exponen medidas dirigidas a, la protección de la atmósfera, la lucha contra la deforestación, la prevención de la contaminación y la gestión racional de residuos tóxicos.⁵⁴ Los gobiernos participantes en la Cumbre de la Tierra nuevamente en Río de Janeiro en 1997 se comprometieron a mantener un diálogo abierto con la sociedad civil y a incorporar sus ideas y propuestas en la formulación de políticas públicas en desarrollo sostenible. La SEMARNAP a abierto espacios para que las organizaciones de la sociedad civil (OSC) representados por cuatro Consejos Consultivos Regionales (social, académico, gubernamental y privado.)

El Programa de Derecho Ambiental a organizado las siguientes reuniones en América Latina y el Caribe:

- a) "Primer Taller sobre la Formación en Derecho Ambiental (México, 1993).
- b) Reunión Conjunta de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y Comisión Interparlamentaria Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, para revisar una propuesta de Ley para la Protección Ambiental y la Promoción del Desarrollo Sostenible elaborada por el PNUMA. (México 1993).
- c) Reunión sobre la situación actual del Derecho Internacional Ambiental en América Latina y el Caribe (México, 1993).
- d) Taller de expertos sobre el Derecho Ambiental de los Países Miembros de la Comunidad Caribeña (Barbados, 1994).
- e) Taller para el intercambio de información de la Evaluación del Impacto Ambiental de algunos países de América Latina (Chile, 1994).
- f) Seminario Interamericano sobre Responsabilidad por el Daño Ambiental (Puerto Rico, 1995).
- g) Taller sobre la Implementación Jurídica del Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo en Cuba (Cuba, 1995).
- h) Segundo Taller sobre la Formación en Derecho Ambiental (México, 1995)."⁵⁵

⁵⁴ Medio Ambiente y Desarrollo tomado de internet
<http://serpiente.dgsca.unam.mx/cinu/dp4.htm> págs. 1-3

⁵⁵ "Derecho Ambiental" tomado de internet http://rolac.unep.mx/deramb/esp/deramb_e.htm

Dadas las exigencias legales que a nivel internacional y nacional se vienen generando a partir la década de los setenta para proteger al medio ambiente se pretende elaborar normas que fijen niveles máximos permisibles de emisiones generados en la industria petroquímica particularmente para el bióxido de azufre por sus consecuencias que puede seguir ocasionando al medio ambiente.

2.¿ QUE ES UNA NORMA AMBIENTAL?

Una norma determina la calidad del ambiente receptor y forma parte de la política ambiental.⁵⁶

La LGEEPA define a las normas como “el conjunto de reglas científicas o tecnológicas que establecen los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente y, además, que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia.”⁵⁷

Identificada actualmente como Norma Oficial Mexicana (NOM) y de acuerdo a la LGMN, se establece la norma como aquella regulación obligatoria con características y especificaciones que deben cumplir aquellos productos y procesos cuando estos signifiquen un riesgo para la salud humana, animal o vegetal, recursos naturales y medio ambiente⁵⁸.

Los valores máximos permisibles de concentración de contaminantes que se fijan en México son a partir de criterios y estándares que se adoptan en Estados Unidos a través de la Environmental Protection Agency (EPA)⁵⁹; por la falta de recursos e infraestructura que existen internamente para realizar estudios epidemiológicos, toxicológicos⁶⁰ y de exposición en animales y seres

⁵⁶ Pearce W. David, *Economía Ambiental*, México, Editorial FCE, 1976, pág. 127.

⁵⁷ Diario Oficial de la Federación, 14 de Diciembre de 1988, pág. 7.

⁵⁸ SECOFI, Secretaría de Normatividad y Servicios a la Industria y al Comercio Exterior, 1997.

⁵⁹ Organismo importante a nivel mundial que se encuentra a la vanguardia en cuestiones relacionadas al medio ambiente.

⁶⁰ “La epidemiología y la toxicología proporcionan información sobre las observaciones de laboratorio y de campo de las exposiciones a agentes específicos, así como los métodos de

humanos, el valor que se fija es representativo de la calidad de aire que se respira. Las normas vigentes de la calidad del aire fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Diciembre de 1994.⁶¹

“Las NOM son de carácter obligatorio y son expedidas por las dependencias de la administración pública federal, según su ámbito de competencia.”⁶²

La NOM⁶³ debe de contener su denominación de la norma, su clave, la mención a las normas en que se basa, la identificación del producto o proceso, las características del proceso, el grado de concordancia con normas internacionales, la bibliografía que corresponda a la norma, la mención de las dependencias que vigilarán el cumplimiento, menciones y referencias que se consideren convenientes para la comprensión de la norma.

A continuación se enumera el proceso de elaboración de una norma por sector y contaminante, así como sus plazos que establece la LGMN:⁶⁴

1. Análisis costo-beneficio del Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana elaborada por la institución encargada del estudio técnico. (180 días).
2. Presentación del análisis costo-beneficio al Comité Consultivo Nacional de Normalización (CCNN).
3. Contestación a las observaciones del Comité Consultivo Nacional de la Normatividad. (30 días).

extrapolación y la estimación de los efectos adverso para la salud. Estas ciencias con el apoyo de la fisiología, permiten realizar la evaluación de riesgos al identificar agentes nocivos y determinar la asociación entre dosis e incidencia de padecimientos específicos en la población expuesta. La evaluación de la exposición se puede estimar gracias a la vigilancia ambiental, la ecología y la química ambiental.” En *Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud* de Carlos Santos Burgoa Director de la Escuela de Salud Pública de México y Leonora Rojas Bracho Investigadora de la Escuela de Salud Pública en México. pág. 206.

⁶¹ Oscar Espinosa Villareal jefe del DDF y otros, Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995-2000, Marzo 1996.

⁶² SECOFI, Dirección General de Normas.

⁶³ SECOFI, Procedimiento Para elaborar las Normas Oficiales Mexicanas, 1997.

⁶⁴ Ibid.

4. Se tiene un Anteproyecto.
5. Presentación del anteproyecto de norma al Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para que ordene su publicación.
6. Publicación del anteproyecto de norma en el Diario Oficial de la Federación para consulta pública.
(90 días).
7. Análisis de los comentarios del anteproyecto de norma recibidos y en su caso incorporar estos comentarios.(45 días).
8. Publicación de las respuestas a los comentarios realizados al Anteproyecto de Norma. (15 días).
9. Aprobación del Proyecto de la Norma. (30 días).
10. Presentación al Presidente del Instituto Nacional de Ecología del proyecto de la norma. (07 días).
11. Firma de conformidad la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (15 días).
12. Publicación definitiva en el Diario Oficial de la Federación como Norma Oficial Mexicana. (15 días).

Las NOM expedidas con el anterior procedimiento tienen la siguiente designación:

NOM-060-SCFI-1997

Donde significa lo siguiente:

NOM = Norma Oficial Mexicana

060 = Número consecutivo

SCFI = Dependencia emisora

1997 = Año de emisión

Una vez que se ha publicado y aprobado la NOM, va a corresponder a las Dependencias de la Administración Pública Federal, según su ámbito de competencia, certificar y vigilar que los productos, procesos, métodos, instalaciones, servicios o actividades cumplan con la regulación obligatoria.

2.1. NORMA AMBIENTAL SOBRE EMISIONES DE SO₂ EN EL SECTOR PETROQUIMICO.

Una vez que se ha descrito en el anterior punto lo que es una NOM, y todo su procedimiento de elaboración de acuerdo a la metodología que establece la LGMN se adopta ésta al sector petroquímico donde se pretende establecer la norma.

De acuerdo a la LGMN se elabora un Anteproyecto de Norma por la dependencia según su ámbito correspondiente.

En el actual caso corresponde a el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) realizar tal estudio una vez que se identifica el contaminante y el proceso que lo genera.

El contaminante que se pretende normar es el bióxido de azufre (SO₂), generado durante el proceso de endulzamiento de gas ácido, particularmente en los complejos procesadores de gas (CPG) de Nuevo Pemex (Tabasco), Ciudad Pemex (Chiapas), Cactus (Chiapas), Matapionche (Veracruz) y Poza Rica (Veracruz) los cuales pertenecen a Pemex Gas y Petroquímica Básica.

El valor máximo permitido de concentración en la atmósfera es de 0.13 ppm (partes por millón) o 341 mg/m³ (microgramos por metro cúbico) en 24 horas, con una frecuencia máxima de 1 vez al año.⁶⁵

El anteproyecto lo elaboran ingenieros especializados de la Gerencia de Transformación de Energéticos, en la Subdirección de Protección Ambiental del IMP, con la ayuda de personal operativo directo que conoce del proceso en cada uno de los complejos procesadores de gas (CPG), el cual es revisado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización. El título que se le dió a éste es el siguiente:

⁶⁵ Valor publicado en el Diario Oficial de la federación del 3 de diciembre de 1994.

“Anteproyecto de norma que establece los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de bióxido de azufre (SO₂) provenientes de las plantas recuperadoras de azufre de Pemex Gas y Petroquímica Básica, complejos procesadores de gas: Cactus, Nuevo Pemex, Ciudad Pemex, Poza Rica y Matapionche.”

En éste se proponen acciones a corto y largo plazo que permiten mejorar las emisiones de bióxido de azufre a la atmósfera considerando 3 y 20 años respectivamente.

Para el corto plazo (3 años) se proponen acciones que mejoran la eficiencia de 83.93% a 93% para Nuevo Pemex, Ciudad Pemex y Cactus; y de 85.89 a 90% para Poza Rica y Matapionche.⁶⁶

Lo anterior significa que de cada 100 Ton/día de azufre procesado⁶⁷, se reducen las emisiones de SO₂ de 16.07 Ton/día a 7 Ton/día y de 14.11 Ton/día a 10 Ton/día respectivamente.

Expresado en otra forma:

azufre procesado = azufre producido + bióxido de azufre

$$100 = 83.93 + 16.7 \quad (\text{sin norma})$$

$$100 = 93 + 7 \quad (\text{con norma})$$

$$100 = 85.89 + 14.11 \quad (\text{sin norma})$$

$$100 = 90 + 10 \quad (\text{con norma})$$

Tales metas se logran con acciones o medidas las cuales permiten reducir la emisión de SO₂ y consisten en sustituir equipo obsoleto por uno mas innovador, y forma parte del proceso de recuperación de azufre en el que se

⁶⁶ Los porcentajes 83.93% y 85.89 corresponden a la eficiencia actual en que operan éstos complejos los cuales se obtuvieron el día del monitoreo; el 93% y 90% son metas a las cuales se pretende llegar y son datos proporcionados por PEMEX para no rebasar la norma; a la vez corresponden a la cantidad de azufre producido que se recupera durante el proceso de endulzamiento de gas ácido.

⁶⁷ El azufre se encuentra mezclado con el gas ácido que al procesarse en la plantas de azufre correspondiente a cada complejo se separa y transforma en azufre elemental o producido y en bióxido de azufre.

emite este contaminante. En seguida se menciona junto con su respectiva función:

1.-Sistema de medición de flujo ultrasónico: mide la cantidad de gas ácido que pasa a la cámara de combustión para ser quemado.

2.-Medidor de temperatura por infrarrojo: mide la temperatura en la cual es quemado el gas.

3.-Circuito de control de gas ácido/aire.

4.-Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalítico: se encarga de medir la temperatura del reactor catalítico.

5.-Medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre: mide la cantidad de azufre que tiene la fosa.

6.-Analizador continuo de SO₂ en chimenea: mide la cantidad de SO₂ que se emite a la atmósfera.

7.-Sistema de control distribuido.

8.-Inspeccionar sistema de drenado.

Para el largo plazo (20 años) la eficiencia que se pretende lograr es de 98.5% para los 5 complejos procesadores de gas, mediante la instalación de un proceso por planta en los 5 CPG que mejora la recuperación de azufre y así disminuye la emisión de bióxido de azufre. La instalación del proceso implica que los complejos deben de estar operando a una eficiencia de 96.5%.

Lo anterior significa que de cada 100 Ton/día de azufre procesado, se reducen las emisiones de SO₂ de 3.5 Ton/día a 1.5 Ton/día.

Expresado en otra forma donde:

Azufre procesado = azufre producido + bióxido de azufre

100 = 96.5 + 3.5 (sin norma)

100 = 98.5 + 1.5 (con norma)

El proceso es de origen Alemán llamado Lurgi Sulfreeen Process a través de su tecnología hace que se recupere azufre con su funcionamiento.

“El proceso Lurgi Sulfreeen Process convierte ácido sulfhídrico (H₂S) y SO₂ contenidos en los gases de cola a azufre con temperaturas abajo del punto de rocío de 125-150 grados centígrados. Una alumina especial activada es utilizada para absorber y catalizar en los reactores. Este material se seleccionó por su alta capacidad de absorción del azufre depositado en su superficie.

El ciclo de pasar el flujo de gas de reactor es fijado por la capacidad del catalizador en cada cama para mantener el azufre.

Para regenerar la cama, un gas inerte se circula por un soplado que vaporiza el azufre y posteriormente es enfriado en un condensador normal. Cuando la desorción se ha completado la cama se enfría. La adsorción y desorción del azufre da como resultado que el proceso Sulfreeen sea un proceso cíclico semi continuo.”⁶⁸

Una vez que se tiene elaborado el anteproyecto de norma, que se describió brevemente en el actual trabajo, el siguiente paso consiste en elaborar el análisis beneficio-costos que permite saber si los beneficios son mayores a los costos y así poder tomar una decisión de inversión. La evaluación del análisis se elabora en el capítulo 3.

El anteproyecto como el análisis beneficio-costos de éste mismo, ya que fue aprobado por el CCNN, se presenta ante el INE y SEMARNAP para ser firmado de conformidad por este último y ordene la publicación en el Diario Oficial de la Federación como Norma Oficial Mexicana (NOM).

3. ORIGEN Y PRODUCCIÓN DEL BIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

El bióxido de azufre es un contaminante considerado como tóxico; este es un gas incoloro, no flamable y no explosivo que produce una sensación gustatoria a concentraciones de 0.3 a 1.0 ppm (partes por millón), al nivel de

⁶⁸ Harol G. Paskall and John A. Sames, Sulphur Recovery, Bover Western Research.

3.0 ppm tiene un olor acre e irritable, se encuentra en estado natural en algunos manantiales minerales y en los gases volcánicos.⁶⁹

Pero también este contaminante se genera de la combustión a altas temperaturas de los combustibles fósiles que contienen azufre⁷⁰ como el petróleo, carbón y gas natural o ácido donde las tres cuartas partes del SO₂ se origina por éstos.⁷¹

Por lo tanto, la emisión del SO₂ varía según su naturaleza u origen de los combustibles fósiles.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos encontrados en yacimientos bajo la superficie de la tierra y está formado por metano, etano, propano, butano, nafta; contiene además: ácido sulfhídrico y bióxido de carbono, por lo cual se le conoce como gas amargo para poder ser aprovechado totalmente se somete a procesos como el endulzamiento y recuperación de licuables donde, con el primer proceso, se elimina el ácido sulfhídrico y bióxido de carbono obteniendo así el gas dulce, obteniendo con los dos últimos elementos que fueron separados del gas natural, el gas ácido.⁷²

⁶⁹ Kenneth WarK, Cecil F. Wark, Contaminación del Aire; Limusa Noriega Editores, 1994. Pag. 45

⁷⁰ El azufre es un elemento no-metal, frágil, no inodoro, de color amarillo y prácticamente insoluble en agua. Muy abundante en la naturaleza. Fue uno de los primeros productos químicos que manejó el hombre. En tiempos antiguos se utilizó para fumigaciones, como agente de blanqueo de tejidos y como pigmento para pinturas. El azufre, de símbolo químico S, se encuentra distribuido por toda la corteza terrestre, en diversos minerales como los sulfuros metálicos: piritas de cobre, CuFeS₂; galena, PbS; piritas de hierro, FeS₂; pirrotita, FeS; blenda, ZnS; los sulfatos: yeso, CaSO₄·2H₂O; anhidrita, CaSO₄, y los sulfatos de sodio y magnesio como más abundantes. También aparece en forma orgánica en el carbón, el petróleo y el gas natural. El azufre se destina a la fabricación de ácido sulfúrico, que se consume en su mayor parte por las industrias de explosivos y fertilizantes. La agricultura es otro importante consumidor de azufre elemental, que se emplea solo, en forma de espolvoreos o pulverizado en suspensión acuosa para combatir el oidium de la vid o como ingrediente de numerosas insecticidas y fungicidas. La fabricación del papel, la de ciertos colorantes y explosivos, la industria de las pinturas y la vulcanización del caucho absorben grandes cantidades de azufre. Gran enciclopedia del mundo duran, S.A. de ediciones bilbao, editorial Marin S.A. pág. 26-32.

⁷¹ Ibid pág. 437

⁷² Complejo Petroquímico de Nuevo Pemex; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1989, pag. 11.

El ácido sulfhídrico, se convierte en azufre por oxidación con el aire en plantas anexas a cada planta endulzadora donde a la vez se convierte también en bióxido de azufre.

Durante estos procesos se recupera azufre donde se generan diversos contaminantes, entre ellos el bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO_x), bióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC) y nitrógeno (N₂).⁷³

El principal contaminante que interesa es el bióxido de azufre y se obtiene del gas ácido en las plantas recuperadoras de azufre, para el cual existen procesos de desulfuración para absorber mas azufre e incrementar su producción y así eliminar la emisión de este contaminante a la atmósfera, ya que se convierte a trióxido de azufre o ácido sulfúrico mediante procesos fotoquímicos o catalíticos. Estos contaminantes combinados con otros y la humedad del aire producen efectos perjudiciales para la salud de la población, la vegetación y todo tipo de material o metal expuesto a determinada concentración.⁷⁴ La concentración se expresa en partes por millón (ppm) ó microgramos por metro cúbico (mg/m³):

1 ppm = 2620 mg/m³ de SO₂

3.1. EFECTOS DEL SO₂ A MATERIALES POR CORROSION.

Los óxidos de azufre aceleran la corrosión del metal al formar primero ácido sulfúrico ya sea en la atmósfera o sobre la superficie del metal. Dependiendo de la clase de metal expuesto, así como de la duración de la exposición se da la corrosión. El bióxido de azufre es el contaminante mas perjudicial entre los que contribuyen a la corrosión del metal a concentraciones de .05 ppm o 131 mg/m³ (microgramos por metro cúbico)⁷⁵ se observa corrosión en materiales como el zinc, aluminio. La temperatura y especialmente la humedad, influyen en las tasas de corrosión.⁷⁶

⁷³ Datos proporcionados por la Gerencia de Transformación de Energéticos, Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

⁷⁴ Contaminación del Aire, opcit Pag. 46

⁷⁵ Ibid. Pag. 47.

⁷⁶ Ibid pag. 47

3.2. EFECTOS DEL SO₂ EN CULTIVOS

El bióxido de azufre es bastante tóxico en los cultivos, este contaminante penetra principalmente en las hojas por medio de las células, las hojas se encuentran estructuradas en tres partes: la epidermis que forma una capa protectora en el exterior; el mesofilo siendo la parte central de la hoja; y las venas que atraviesan toda la hoja desde su base, además de ser las transportadoras de agua y sustancias químicas tóxicas a otras partes de la planta.

A concentraciones mayores de .0135 ppm (partes por millón) o 30.51 mg/m³ (microgramos por metro cúbico)⁷⁷ se empiezan a detectar efectos adversos en los cultivos, donde parece que la hoja se encuentra empapada de agua pero al secarse el área afectada toma un color blanquizco; a concentraciones de .3 a .5 ppm⁷⁸ durante varios días conducen a lesiones crónicas en las plantas debido al exceso de bióxido de azufre ocasionando la ruptura de la célula.

3.3. EFECTOS DEL SO₂ EN SALUD

El bióxido de azufre es un elemento tóxico en la salud de la población que se encuentra expuesta a la inhalación de tal contaminante, a exposiciones de .004 ppm (partes por millón) o 10 mg/m³ (microgramos por metro cúbico)⁷⁹ se detectan efectos en la salud de los habitantes. A concentraciones de .4 a .5 ppm o mayores hay riesgo en la salud de la persona donde es necesaria la atención médica.⁸⁰

El bióxido de azufre al combinarse con agua y partículas forman ácidos sumamente agresivos. Este contaminante al penetrar en las mucosas

⁷⁷ Externalities of Energy, vol. 2: methodology, prepared by ETSU, UK, and metroeconomica, uk 1995 EUR 16521 pag. 240.

⁷⁸ Contaminación del aire; Keenth Wark, Cecil F. Warner; Editorial Limusa.

⁷⁹ Chile, Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues. December, 19, 1994; Environment and Urban Development Division Country Department I; Latin America and the Caribbean Region.

⁸⁰ Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001; Gobierno del Estado de Jalisco, SEMARNAP y Secretaría de Salud; pag. 35.

conjuntiva y respiratoria provoca irritación e inflamación crónica incrementando el riesgo en la salud de enfermos crónicos del corazón y de las vías respiratorias.

Para concluir con este primer capítulo el bióxido de azufre se norma a un nivel de 0.13 ppm (partes por millón) según valores fijados a nivel internacional como Estados Unidos y se aplica en la industria petroquímica durante el proceso de endulzamiento de gas ácido, proceso en el que se genera este contaminante.

CAPITULO II. ANALISIS DEL BENEFICIO-COSTO

1. FUNDAMENTOS TEORICOS.

Los principios teóricos del análisis costo-beneficio se sustentan en la economía neoclásica del bienestar en la que se busca una configuración óptima de la economía en términos de producción,⁸¹ en la cual se destacan a algunos teóricos como: Wilfrido Pareto, Dupuit, Marshall, Hicks, John Maynard Keynes, E.J. Mishan, K. Arrow, David W. Pearce, W.J. Baumol y W.E. Oates etc. En seguida se describen sus aportaciones.

Para Pareto el máximo bienestar económico que buscan todos los agentes es equivalente a la eficiencia económica donde la producción, distribución y consumo están organizados de manera eficiente.⁸² Por otra parte va a existir un "bienestar social" definido éste como aquella acción o decisión donde a ello se le conoce también como el "óptimo Paretiano" donde se beneficia por lo menos a un miembro sin perjudicar a alguno de los restantes o cualquier cambio capaz de incrementar el ingreso de una persona sin disminuir el de nadie.⁸³ El óptimo de Pareto se ve en la siguiente gráfica 1, donde se muestra a dos personas A y B; y dos tipos de bienes X1 y X2 donde ambas encuentran un equilibrio; la línea YZW es la curva de contrato y muestra todas las combinaciones de bienes que originan el óptimo de Pareto, cada uno de ellos correspondiente a una capacidad de compra, es decir, de acuerdo al nivel de ingreso. En el punto X no hay un óptimo de Pareto pues la tangente de ambas curvas no coinciden, lo que se ve es un mejoramiento de Pareto con el desplazamiento de X a Z.⁸⁴

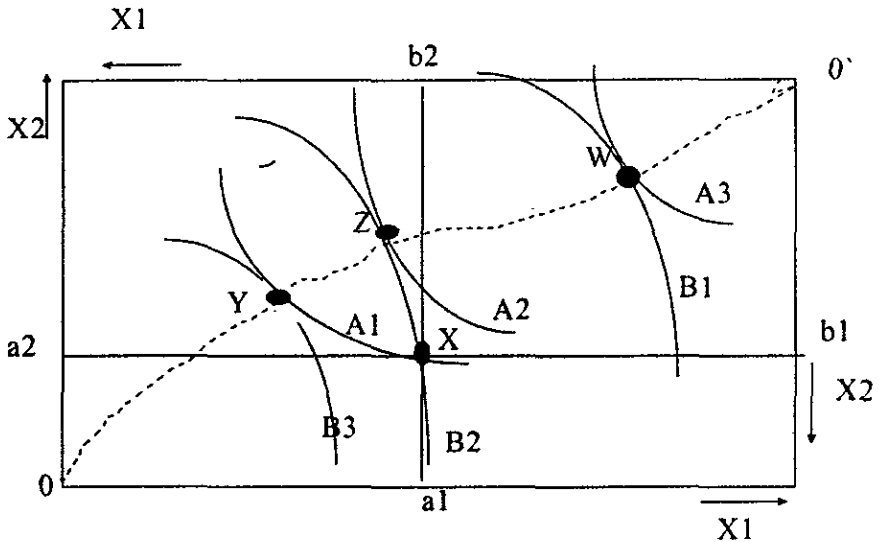
⁸¹ Economía Ambiental opcit pág. 12

⁸² Ibid. págs. 121-123.

⁸³ Ibid. Pág. 153

⁸⁴ Ibid. pág. 25

GRAFICA 1



Un factor externo va a existir cuando los costos y beneficios recaen en personas que no tuvieron nada que ver con la decisión, ejemplo la contaminación se genera por las decisiones de inversión de los industriales y esta perjudica a la población aledaña que no tienen nada que ver con la industria.⁸⁵ Pero de acuerdo con Pareto este factor externo es relevante cuando la actividad industrial se modifica de modo de beneficiar a la parte afectada (población que se encuentra cercana a las actividades industriales), sin perjudicar a la parte actora o contaminadora (industria).

Los teóricos como Dupuit, Marshall y Hicks contribuyeron al desarrollo del análisis beneficio-costado planteando que los beneficios de los individuos deben de medirse de acuerdo al excedente del consumidor; ya sea una ganancia o

⁸⁵ Ibid pág. 185

una pérdida de bienestar experimentadas por un individuo cuya situación se ve modificada. De modo que el precio sombra es decisiva para el análisis costo beneficio (ACB) ya que si un proyecto se somete al mercado, el ACB no utiliza necesariamente los precios de mercado como indicadores de valor,⁸⁶ es decir, se necesita saber cuánto están dispuestos a pagar los afectados por esos factores externos.

En Keynes se realiza un análisis del costo-beneficio que consiste en destacar de principio la existencia de agentes económicos: la familia, el gobierno y las empresas. Estos últimos organizan la producción en forma eficiente y determinan la oferta de bienes y servicios en los mercados libres considerando los deseos de los consumidores, lo que permite que obtengan un ingreso monetario en forma de beneficios, y de este modo entran también al mercado como consumidores. Las familias se emplean así mismas para organizar la producción, obteniendo un ingreso y convirtiéndose en consumidores.⁸⁷

Cada uno en su ámbito buscan maximizar su bienestar, las familias que actúan como consumidoras van a buscar maximizar su bienestar económico tomando en cuenta el nivel de ingreso y el conocimiento exacto de los bienes y servicios que existen en el mercado, además de seleccionar la mejor alternativa de todos los bienes y servicios que existen, finalmente, la decisión de compra es la utilidad que brinda el bien y servicio que se ofrece en el mercado; las empresas y el gobierno van a buscar maximizar sus beneficios, económicos para los primeros y sociales para el segundo.

Estos agentes al buscar maximizar sus beneficios, toman una decisión de inversión, donde la inversión se ubica como la consecuencia del ahorro, es decir, todo lo que se ahorra se invierte. Aunque otro determinante de la inversión es la tasa de interés, ya que es el precio por arriesgar determinada suma de capital renunciando a mantenerlo como dinero. La inversión por otra parte repercute en el nivel de ingreso como se observa en seguida:

$$Y = C + I$$

Donde:

⁸⁶ Phillis Deane y Jessica Kuper, Vocabulario Básico de Economía, Editorial Crítica, S. A. 1992 pag. 25-28

⁸⁷ Ch. E. Ferguson y J.P. Gould, Teoría Microeconómica, México, FCE pag. 15.

Y = ingreso
C = consumo
I = inversión

entonces si $\Delta Y = \nabla C + \Delta I$

La inversión se divide en productiva e improductiva, la productiva se destina a producir bienes de uso y la improductiva se destina a la especulación; en las dos inversiones se esperan rendimientos futuros por cada unidad de capital adicional.

Los rendimientos futuros y los costos de producción determinan la eficiencia marginal de capital, también conocida como tasa de descuento o tasa interna de retorno con la cual se conoce el valor presente de las anualidades dada por los rendimientos.⁸⁸

La tasa interna de rendimiento se determina así⁸⁹:

$$0 = P_0 + (P_1 / (1 + i)) + (P_2 / (1 + i)^2) + \dots + (P_n / (1 + i)^n)$$

Donde:

P = capital

i = tasa de interés

n = años

Las estimaciones de los rendimientos que se generan con la tasa de descuento son aproximaciones que permiten aclarar la confianza por parte de los inversionistas privados y así poder tener una idea más clara en cuanto a la decisión de inversión. Por lo tanto la teoría de Keynes permite conocer la realidad de la inversión de acuerdo al rendimiento previsto en un futuro.

Como se puede ver en Keynes se realiza un análisis respecto al costo-beneficio bastante abstracto, destacando una preocupación porque se

⁸⁸ Randall Alan, Economía de los Recursos Naturales y Política Ambiental, Editorial Limusa, 1985, pág. 242-249

⁸⁹ Ibid. Pág. 248

conozcan los rendimientos futuros que es lo que mide los beneficios finalmente y así poder tomar una decisión de inversión.

De acuerdo con E.J. Mishan K. Arrow el análisis beneficio costo (ACB) es un instrumento básico de la planeación, y a través de su procedimiento se comparan diversas asignaciones de recursos dando una respuesta acerca de cual es preferible.⁹⁰

Pearce plantea que el enfoque de beneficio-costo de la contaminación, requiere de la estimación de costos del control o de abatimiento y costo del daño o beneficios de abatimiento,⁹¹ ya que los beneficios son los costos externos evitados. De ahí que se utilicen los costos de control y los costos de daño para el análisis costo-beneficio.

Aunque los costos del daño son más difíciles de expresar en tanto que los costos de control de la contaminación regularmente se desconocen.⁹² Pero en términos prácticos los costos por abatimiento miden los costos de daño.

Dada las innovaciones tecnológicas, la industria participa en un proceso continuo de reposición de equipo por la obsolescencia que éste sufre. Ejemplo, al establecerse una nueva legislación ambiental, necesariamente se tiene que invertir en equipo anticontaminante que va a sustituir al anterior equipo, lo cual implicaría un gasto adicional para cumplir con nuevos niveles de contaminación que establece la legislación.⁹³ A ese incremento de los gastos Pearce lo llama costo marginal.

Lo que se busca con el análisis beneficio-costo es maximizar los beneficios de la sociedad, lo cual es equivalente a minimizar los costos de control y los costos de daño. En la gráfica 2 se puede ver la curva de costo total y precisamente en el punto mínimo Ps de esta curva se logra el máximo beneficio para la sociedad o el equilibrio, es decir, los costos de control compensan los costos del daño o la contaminación generada marginalmente hablando, la contaminación es función directa de la producción, por lo tanto

⁹⁰ Lendero Elio, "Los fundamentos del análisis costo-beneficio y su reflejo en las principales versiones operativas," trimestre económico # 229, pág. 73

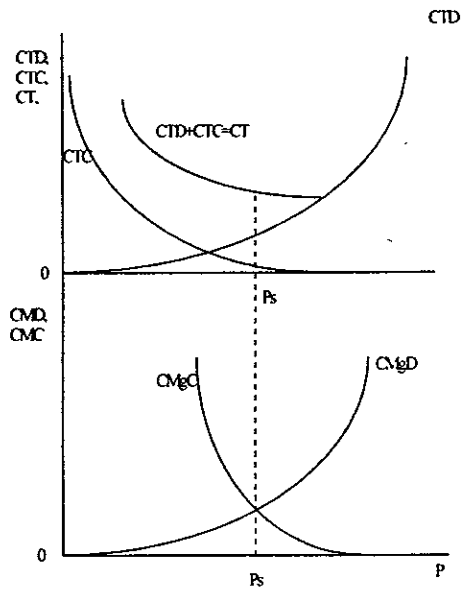
⁹¹ Economía Ambiental, Ob. Cit. pág. 140

⁹² Ibid. Pág. 176-177

⁹³ Ibid. Pág. 176-177

al incrementarse la contaminación tienen que existir medidas preventivas para abatirla lo cual indica que los costos de control se incrementan, en la gráfica 2 esta curva corre de derecha a izquierda pues el eje horizontal implica la contaminación y al incrementar los costos de control la contaminación disminuye.

GRAFICA 2



Donde:

CTC= costos totales de control

CTD= costos totales del daño

CT= costos totales

CMgC= costo marginal de control

CMgD= Costo marginal de daño

P= cantidad de contaminación

Ps= nivel de contaminación con el que hay un máximo de beneficios para la sociedad.

W. Baumol y W. Oates consideran que el análisis beneficio-costo aplicado al medio ambiente es uno de los esfuerzos que el hombre hace para reparar los daños que a causado. La propuesta que ellos hacen es la introducción de un impuesto-subsidio para abatir las externalidades provocadas por la contaminación, lo anterior consiste en que los receptores de los efectos externos deben ser compensados por el daño que sufren o si, deben de someterse a una imposición a las víctimas de las externalidades, por supuesto que esto último no se da; por lo tanto el costo serían los recursos que se destinan para compensar los efectos y los beneficios el equivalente de éstos.⁹⁴

Va a existir una externalidad siempre que las relaciones de utilidad o producción de algún individuo incluyan variables monetarias cuyos valores son elegidos por otras personas sin atención particular a los efectos sobre el bienestar de otras personas. O cuando el agente decisor, cuya actividad afecta los niveles de utilidad de otro, no recibe (paga) en compensación por su actividad una cantidad igual en valor a los beneficios o costos (marginales) ocasionados.

Para concluir con este apartado el análisis costo-beneficio es un método que se deriva de la economía del bienestar y que significa que todos deben de ganar o por lo menos no perder, además de ser un método que permite tomar decisiones en proyectos económicos y financieros ya sea públicos o privados, finalmente se concluye que los costos pueden ser identificados más fácilmente que los beneficios o factores externos como la contaminación y de lo que se trata es de identificarlos y de expresarlos monetariamente.

2. TEORIA DEL ANALISIS BENEFICIO-COSTO

En términos de su aplicación práctica el análisis beneficio-costo tuvo su origen en Estados Unidos en 1936; con el propósito de justificar proyectos para controlar las inundaciones, independientemente de a quien se dirigieran los beneficios.⁹⁵ Este se inicia con proyectos hidráulicos financiados de recursos públicos, siendo los beneficios canalizados tanto a sectores públicos como privados, lo que exige una evaluación económica. Esa evaluación es el

⁹⁴ W. Baumol y W. Oates, La Teoría de la Política Económica del Medio Ambiente, Barcelona, Antoni Bosch, editor, S.A. pág. 1y 8.

⁹⁵ Ibid. 25-28.

análisis beneficio-costo donde los beneficios que se esperan de la implantación del proyecto deben exceder los costos previstos.⁹⁶

Por lo tanto las Dependencias Gubernamentales reconocen que muchos de los proyectos relacionados con los recursos naturales y ambientales implican un sacrificio económico público y privado a fin de obtener algunos beneficios públicos y privados, que implica una decisión de carácter económico a través de los lineamientos del costo-beneficio como parte del proceso de planeación.⁹⁷

Los costos y beneficios son estimados en términos cuantitativos, y valorados a sus precios eficientes (o de acuerdo con las mejores estimaciones de los mismos), reducidas a su valor actual aplicando la tasa de descuento social, y comparadas. Según el criterio de valor actual máximo, una alternativa es aceptable si el valor actual de sus beneficios excede el valor actual de los costos o si su razón de beneficio-costo es igual o mayor a 1.0. La razón se obtiene del valor actual de los beneficios dividido entre el valor actual de los costos B/C. Donde se concluye que un buen proyecto es aquel que agotando su presupuesto de inversión, tiene la razón más alta de beneficios y costos totales.⁹⁸

Este método ya aplicado permite conocer el rendimiento de una inversión, en proyectos financieros y económico-social, también conocidos como privados y públicos, siendo su diferencia el origen de los recursos, el destino de los beneficios y el período de la recuperación de la inversión; para el caso de un proyecto de inversión privado o financiero el origen de los recursos proviene de inversionistas particulares siendo los beneficios para ellos mismos y la recuperación de la inversión se realiza en un período corto; su diferencia con un proyecto de inversión público o económico-social, es que el origen de los recursos son del estado, el destino de los beneficios son para la sociedad en su conjunto y la recuperación de la inversión se realiza en un período largo.

Sin embargo, independientemente de que los beneficios se dirijan hacia la sociedad o a los inversionistas privados y de expresarse monetaria y no

⁹⁶ Alam Randall, Economía de los Recursos Naturales y Política Ambiental, editorial Limusa, S.A. de C.V. 1985 pág. 325

⁹⁷ Ibid pág. 325

⁹⁸ Ibid pág. 328

monetariamente, la recuperación de la inversión se expresa en términos monetarios, y tiene que ser mayor al costo de la inversión original para poder ser justificado cualquier tipo de proyecto de inversión. Aunque existen proyectos en que los beneficios no pueden ser expresados monetariamente, pero sí debe hacerse mención a los mismos.

Pero a partir del orden que nos permite seguir esta técnica del análisis beneficio-costos, donde primeramente se ordenan todos los costos que implica la puesta en marcha de un proyecto de inversión y los beneficios a que da origen tal proyecto expresados en términos monetarios, siendo además los beneficios mayores a los costos lo que permite tomar la decisión de inversión o la conveniencia de tal proyecto.

2.1. COSTOS⁹⁹

Dentro de cualquier proyecto de inversión que se ponga en marcha significa un gasto en efectivo que en un período a corto y largo plazo se recuperará, siendo identificados como costos fijos y variables, (totales) y marginales. Para diferenciar cada uno de ellos se define al costo fijo como aquel gasto que se realiza al inicio del proyecto y además no dependen de la producción que se genere, dentro de éste se encuentran los edificios, terrenos, maquinaria, equipo de oficina; los costos variables son aquellos gastos que se realizan a lo largo de la vida del proyecto y dependen de la producción que se genera identificando a la materia prima, mano de obra, mantenimiento del equipo etc.; respecto a el costo marginal dentro de un sistema de producción tiene que ver con el costo que se incrementa por producir una unidad más de producto.¹⁰⁰

Otra forma de diferenciar los costos a la anterior descripción, se divide en costo presente, futuro o virtual, en el costo presente se incluye a los edificios, terrenos, maquinaria, equipo de oficina; en el costo futuro se encuentra materia prima, mano de obra, mantenimiento del equipo etc.; y la depreciación significa un costo virtual por no ser necesariamente un desembolso en efectivo.

⁹⁹ (Ver anexo 1)

¹⁰⁰ Teoría Microeconómica Ob. Cit.

También los anteriores costos se conocen como costos definitivos y costos recurrentes, donde los costos definitivos significan una erogación única invertida en edificios, terrenos, maquinaria, equipo de oficina etc. Los costos recurrentes son un flujo continuo de erogaciones invertidos en materia prima, mano de obra, mantenimiento del equipo etc.

En el cuadro 1 se muestra de una manera más gráfica las características de los costos:

CUADRO 1

COSTO DE PRODUCCION	
COSTOS FIJOS O COSTO PRESENTE O COSTOS DEFINITIVOS	COSTOS VARIABLES O COSTO FUTURO O COSTOS RECURRENTE
EDIFICIOS, TERRENOS, MAQUINARIA, EQUIPO DE OFICINA,	MATERIA PRIMA, MANO DE OBRA, MANTENIMIENTO DE EQUIPO, DEPRECIACIÓN,

Fuente: elaboración propia.

En el costo de producción de una empresa también influyen otras variables.

“El costo de producción de una empresa esta determinado por las condiciones físicas de la producción, el precio de los recursos y la eficiencia económica del productor.”¹⁰¹ Es decir por el tipo de equipo fijo con el que cuenten como maquinaria, equipo etc., mientras más innovador es éste la eficiencia o productividad se incrementa, y por lo tanto se refleja en los costos.

Los costos se diferencian en públicos y privados pero esto depende de que tipo de proyecto se trata, si en éste es necesario la intervención del Estado los dos costos se toman en cuenta, si no, únicamente la particular o la pública.

¹⁰¹ Ibid pág. 185

El costo se define como aquella erogación que se realiza en el presente y futuro a partir del momento de tomar una decisión de inversión.

La metodología que se describe es para un proyecto de inversión económico-social para implantar una norma ambiental, en la que es necesaria la intervención del gobierno y la privada, donde los costos se encuentran estructurados en privados, del cual se derivan en costos privados directos y costos privados indirectos; y en costos públicos y sociales divididos en directos e indirectos, los cuales serán explicados y diferenciados, para cada uno de ellos detenidamente en los próximos puntos a tratar.

2.1.1. COSTOS PRIVADOS

Dentro de un proyecto de inversión económico-social no lucrativo, los costos privados se consideran a aquellas erogaciones que tienen que enfrentar los particulares o empresas involucradas dependiendo del ingreso que dispongan, de cuanta inversión estén dispuestos a destinar, del tamaño de la empresa y actividad productiva a la que se dedican.

Estos costos también van a depender del tipo de tecnología que se decida comprar, eligiendo un equipo con un precio muy alto o más bajo.

2.1.1.1. COSTOS PRIVADOS DIRECTOS

Los costos privados directos son todos aquellos recursos que deben destinar los particulares para cumplir y aplicar la norma. Estos se obtienen de la siguiente información:

- a) Identificación de las cantidades de insumos necesarios para aplicar y hacer cumplir la norma. Por ejemplo instalaciones, adquisición de tecnología, equipo etc.
- b) Los precios de esos insumos y sus fuentes de abastecimiento.
- c) Requerimientos de trabajadores por nivel de capacitación, incluyendo personal de inspección.
- d) Los salarios de esos trabajadores y su disponibilidad.
- e) Programación de esos costos por año, tanto para la instalación o fase inicial, como para su operación.

f) Información de la vida tecnológica del proyecto y la obra, para establecer el período de tiempo en que debe evaluarse la norma.¹⁰²

2.1.1.2. COSTOS PRIVADOS INDIRECTOS

Los costos privados indirectos son absorbidos por los particulares quienes se encargan de realizar la inversión, siendo causa de las consecuencias que se generan y que significan de manera indirecta un costo. Un ejemplo es el caso de aplicar una norma para disminuir emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos, pero se aumentan la emisiones de sulfatos. Otro ejemplo en la puesta en marcha de una norma para disminuir emisiones de bióxido de azufre, lo que origina que se incremente la producción de azufre significando un costo, porque es un producto que se tiene que comercializar y ello implica también un costo.

2.1.2. COSTOS PÚBLICOS Y SOCIALES

Estos costos son los que paga la sociedad cuando sus recursos son utilizados para producir un bien dado. En toda sociedad los recursos son concentrados por el estado vía impuestos de hay que éstos sean parte de la sociedad. En todo proyecto económico-social por ser considerado un proyecto de interés social, donde directamente e indirectamente el estado y la sociedad se involucra para tal inversión.

2.1.2.1. COSTOS PUBLICOS Y SOCIALES DIRECTOS

Estos costos son parte de la inversión que el gobierno debe destinar al cumplimiento del proyecto social, en este caso es para el cumplimiento de la norma, donde es importante la participación del gobierno a través de sus instituciones por promover la vigilancia y cumplimiento del proyecto, lo que origina que se de una salida de recursos directamente del estado.

Aquí se determinan los mecanismos que piensa utilizar la autoridad para vigilar el cumplimiento de la norma y si los criterios de evaluación están dados. Esto permitirá estimar si estos mecanismos de vigilancia son los adecuados para que la norma se cumpla.

¹⁰² SEDESOL, INE y Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA), Guía piloto par la evaluación costo-beneficio de los proyectos de normas oficiales mexicanas.

2.2. BENEFICIOS

En todo tipo de proyecto de inversión financiero o económico, financiado con recursos públicos o privados se busca una recuperación de la inversión expresado en términos monetarios y no monetarios.

Los beneficios de un proyecto económico en el caso actual de una norma son todos aquellos recursos adicionales o impactos favorables que la sociedad obtiene de aplicarse tal proyecto, preferentemente expresados en términos monetarios; para un proyecto de inversión financiero los beneficios son específicamente para el inversionista privado. Estos beneficios deben ser mayores a los costos de tal proyecto.

Los beneficios también van a ser públicos o privados esto depende de que proyecto se trate aunque actualmente es una inversión económica-social.

2.2.1. BENEFICIOS PRIVADOS

Estos beneficios son derivados del proyecto de inversión, para el caso de un proyecto de inversión financiero o económico los beneficios privados son para los principales inversionistas privados que financiaron tal proyecto.

2.2.1.1. BENEFICIOS PRIVADOS DIRECTOS

Estos beneficios se obtienen directamente de la puesta en marcha del proyecto y no por otras causas secundarias que se deriven, y además son destinados a los sectores involucrados en la inversión. Para la aplicación de una norma existen beneficios para los inversionistas pero no se expresan monetariamente siendo la mejora en la visibilidad, disminuye la contaminación ambiental.

2.2.1.2. BENEFICIOS PRIVADOS INDIRECTOS

Son aquellos beneficios que se obtienen de aplicar tal proyecto a determinado sector pero que es consecuencia de éste. Ejemplo en el caso de un proyecto que se pone en marcha para disminuir bióxido de azufre se disminuye la emisión, pero se incrementa el azufre teniendo éste un precio de venta en el

mercado, se considera como un beneficio que no es el principal objetivo del proyecto pero que se deriva de éste.

2.2.2. BENEFICIOS PÚBLICOS Y SOCIALES

Aquí se identifican los beneficios económicos que se derivan del proyecto principalmente para la sociedad por ello se debe identificar a los sectores involucrados de la sociedad junto con su importancia dentro de la economía del país.

2.2.2.1. BENEFICIOS PÚBLICOS Y SOCIALES DIRECTOS

Estos son los beneficios para la sociedad como consecuencia de la inversión del proyecto económico.

En este segundo capítulo se explica teóricamente lo que significa el análisis costo-beneficio a través de algunas posturas dentro de la corriente neoclásica y contemporánea mencionando a Wilfrido Pareto, Dupuit, Marshall, Hicks, John Maynard Keynes, E.J. Mishan, K. Arrow, David W. Pearce, W.J. Baumol y W.E. Oates etc., como su origen en términos prácticos para poder tomar decisiones en proyectos públicos y privados, para en el siguiente capítulo se aplique este método en forma práctica y se determine la viabilidad de la norma ambiental para el bióxido de azufre (SO₂) dentro de los 5 complejos procesadores de gas (CPG).

CAPITULO III. EVALUACIÓN Y ANALISIS DEL BENEFICIO-COSTO.

I. EXPLICACION DEL ESTUDIO DE CASO

En este capítulo se elabora el análisis beneficio-costo del anteproyecto de norma en cada uno de los complejos procesadores de gas (CPG) donde se proponen medidas en el corto y largo plazo. En el primero se considera el periodo (1997-2000) y en el segundo (2000-2020), para mejorar la eficiencia de producción de azufre del total de azufre procesado y disminuir la emisión de bióxido de azufre a la atmósfera para no rebasar el límite máximo permitido del contaminante de 0.13 ppm (partes por millón) o 341 mg/m³ (microgramos por metro cúbico) de acuerdo a la norma.

Las medidas que se proponen en el corto plazo incrementan la eficiencia de la producción de azufre en cada planta de los complejos procesadores de gas en Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex en un 93% y para Matapionche y Poza Rica en 90%; a largo plazo la eficiencia propuesta es del 98.5%¹⁰³ para cada planta de los 5 complejos procesadores de gas. Estas medidas consisten en instalar determinado equipo durante el proceso de endulzamiento de gas ácido, que mejoran la eficiencia de producción de azufre y disminuye la emisión de bióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera, las acciones a corto plazo se muestran en el cuadro 2 junto con sus respectivos costos expresados en pesos.

En el largo plazo se proponen varios procesos que se deben instalar en las plantas recuperadoras de azufre de cada complejo procesador de gas, e incrementan la producción de azufre de un 99.0% a un 99.9% (ver cuadro 12) y disminuyen la emisión de bióxido de azufre a la atmósfera. Estos procesos son los siguientes:

- Lurgi Sulfree Process,
- Cold Bed Adsorption,
- MCRC,
- IFP Process,
- Davy Mckee/Wellman-Lord (W-L) Process,
- Ammonium Thiosulphate (ATS) Process,

¹⁰³ El 90, 93 y 98.5% son metas que pretende alcanzar Pemex.

- Shell Claus Offgas Treating (SCOT) Process,
- Parsons BSPR (Beavon-Stretford) Process,
- Parsons BSR/Selectox Process,
- Super Claus,

De los 10 procesos propuestos se elige a uno mediante el método costo efectividad, el procedimiento se muestra más adelante.

Respecto a los beneficios que se pretende expresar en términos monetarios son en salud, cultivo, corrosión y por la venta de azufre, a la vez que éstos ya expresados es lo que va a permitir justificar el proyecto, para así tomar una decisión de inversión tomando en cuenta que los beneficios deben ser mayores a los costos y la relación de beneficio-costos debe ser mayor a 1; aunque en proyectos de tipo ambiental hay beneficios que no se pueden expresar monetariamente pero que si deben de mencionarse sobre todo cuando la relación beneficio-costos es menor a 1.

La evaluación se realiza en los siguientes complejos procesadores de gas que pertenecen a Pemex Gas y Petroquímica Básica ubicados en los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz, en seguida se hace mención de sus características de ubicación de cada uno de ellos.

1.1. CPG CACTUS (CHIAPAS)

Este centro de trabajo fue construido en el municipio de Reforma, Chiapas., a 10 Km. de la cabecera del Municipio y a 45 km. de la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

Dicho centro inició sus actividades en el año de 1974, al poner en operación la primera planta endulzadora de gas, con una capacidad de procesamiento de 100 millones de pies por día; naciendo de esta manera la Unidad Petroquímica de Cactus.

Por medio de sus 33 instalaciones industriales que lo constituyen, el proceso consiste en endulzar el gas amargo, recuperar licuables, fraccionar y transformar esta materia en:

- Gas combustible

- Etano
- Azufre
- Gas licuado
- Nafta

Este complejo cuenta con las siguientes plantas¹⁰⁴:

- 12 plantas endulzadoras de gas
- 2 plantas endulzadoras y estabilizadoras de condensados
- 4 plantas criogénicas modulares
- 2 planta recuperadora de etano y licuables
- 1 planta fraccionadora
- 12 plantas de azufre

1.2. MATAPIONCHE (VERACRUZ)

Este complejo se encuentra localizado en el Estado de Veracruz, a una distancia de 62 km. del Puerto de Veracruz, a 70 km. de la ciudad de Córdoba y a 60 km. de la ciudad de Tierra Blanca, Veracruz. Su operación se inicia en marzo de 1981 con el arranque de la planta endulzadora de gas amargo, planta de rocío y la planta de azufre.

Los poblados más cercanos a las instalaciones son Tinajas y Cotaxtla, a 14 y 2 km. de distancia, respectivamente.

Esta unidad petroquímica entró en operación en 1981 y cuenta con tres plantas: endulzadora de gas amargo, de azufre y de rocío.¹⁰⁵

1.3. CIUDAD PEMEX (TABASCO)

El complejo "ciudad pemex" se fundo en 1958, con la inauguración de la planta de absorción. Posteriormente, en 1974, se puso en operación la planta criogénica; en 1981 la planta de azufre I y, finalmente, en 1983 la planta de

¹⁰⁴ Complejo Petroquímico de Cactus; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1986.

¹⁰⁵ Unidades Petroquímicas Matapionche y Totonaca Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1986.

azufre II. Se encuentra ubicado en la zona Sureste de la República Mexicana, en Ciudad Pemex, en el Municipio de Macuspana, Estado de Tabasco. Cuenta con seis plantas de proceso en operación, que son:

- 1 Planta de absorción.
- 1 Planta de criogénica.
- 2 plantas endulzadoras de gas.
- 2 Plantas de azufre.¹⁰⁶

1.4. NUEVO PEMEX (TABASCO-CHIAPAS)

El complejo petroquímico de Nuevo Pemex nace en 1976, como respuesta por parte de Pemex al programa establecido, para cumplir de manera efectiva con el aprovechamiento de los importantes yacimientos petrolíferos descubiertos en la zona de Campeche, Chiapas y Tabasco.

El complejo petroquímico Nuevo Pemex ocupa una superficie de 464 hectáreas, se ubica en el municipio del Centro, a cinco kilómetros de la población de Reforma Chiapas, y a 45 kilómetros de la Cd. De Villahermosa Tabasco, es decir, se sitúa en los límites de los Estados de Tabasco y Chiapas.

Las plantas con que cuenta son:

- 2 plantas endulzadoras de gas
- 2 plantas recuperadoras de azufre
- 2 plantas endulzadoras y estabilizadoras de hidrocarburos condensados
- 1 planta recuperadora de etano y licuables
- 1 planta y tratadora y fraccionadora de hidrocarburos
- 1 planta endulzadora y estabilizadora de condensados¹⁰⁷

¹⁰⁶ Complejo Petroquímico de Ciudad Pemex; Subdirección de Transformación Industrial
Petróleos Mexicanos 1986.

¹⁰⁷ Complejo Petroquímico de Nuevo Pemex; Subdirección de Transformación Industrial
Petróleos Mexicanos 1989.

1.5. POZA RICA (VERACRUZ)¹⁰⁸

El complejo de Poza Rica, se encuentra localizado en la zona urbana de la ciudad, colindando por el norte con el Boulevard Lázaro Cárdenas, por el sur con las instalaciones del área nueva de crudo de la Gerencia de Explotación, al este con la carretera federal que comunica a la población de Coatzintla, Veracruz y al Oeste con la Ribera del Río Cazones.

El Distrito Industrial de Poza Rica Ver., tuvo sus orígenes en años anteriores al Decreto de la Expropiación Petrolera.

En el período de 1933 a 1935, fueron instaladas tres pequeñas plantas de absorción, para la recuperación de la gasolina del gas, una planta estabilizadora de gasolina y una pequeña unidad de destilación. Todas estas unidades fueron dadas de baja poco después de la expropiación petrolera.

Durante la administración de Petróleos Mexicanos se ha aumentado la producción de crudo y gas notablemente, y paralelo a este incremento se impulso la construcción de las plantas que permitieron un mayor aprovechamiento de estos recursos no renovables.

En 1947 se puso en operación la actual planta desaladora de crudo y la estabilizadora del crudo, mismo que es enviado a la Refinería "Ing. Andanio M. Amor" de Salamanca, Gto., y una planta de absorción para recuperar del gas, gasolina natural y gas licuado del petróleo.

En 1950 se pusieron en operación las primeras dos plantas endulzadoras de gas, que operaron hasta junio de 1977, mejorándose notablemente la calidad de los productos obtenidos en la planta de absorción, ya que en esas plantas se eliminan los gases ácidos (ácido sulfhídrico y bióxido de carbono) que son perjudiciales, para las instalaciones de procesos y transporte de gas, e igualmente para los consumidores del mismo, como combustible.

En esta etapa se construyó también la planta recuperadora de azufre, que convierte el ácido sulfhídrico en azufre sólido de alta pureza, producto comercial de gran demanda.

¹⁰⁸Complejo Petroquímico de Poza Rica; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1989.

Con el fin de incrementar la recuperación del petróleo y gas contenido en los yacimientos, desde el año de 1954, se hizo necesario inyectarles agua. El agua inyectada debe estar libre de material orgánico y algunas impurezas que pueden dañar los yacimientos, por lo que hubo necesidad de instalar una planta especial para su acondicionamiento.

Con el incremento de la producción de los campos, la presión de los yacimientos fue descendiendo, siendo necesario extraer el petróleo crudo por medio de bombeo neumático, empleándose gas seco de las plantas de absorción. Este servicio se inició desde el año de 1956 en el campo Escolín.

En el año de 1961 se puso en operación una pequeña refinería de petróleo crudo, la cual fue planeada para satisfacer la demanda de los derivados del petróleo a la población de Poza Rica y su zona vecina, siendo su capacidad nominal de 15 mil barriles por día.

En 1977, se pusieron en operación dos nuevas plantas; una endulzadora de gas amargo con capacidad nominal de 300 millones de pies cúbicos por día, que substituyó a las dos antiguas plantas del mismo servicio, las cuales habían envejecido, y una planta criogénica cuyo proceso permite la recuperación de los licuables, aparte del etano; este es un hidrocarburo muy valioso que se utiliza de carga a la planta de etileno en el complejo petroquímico Escolín, Ver.

En los 5 Complejos Procesadores de Gas se cuenta con plantas endulzadoras de gas y de azufre lugar donde se genera el bióxido de azufre y precisamente en las plantas recuperadoras de azufre es donde se realizarán tales modificaciones, la función de estas plantas es la siguiente:

PLANTAS ENDULZADORAS DE GAS

La función de estas plantas es eliminar del gas natural el ácido sulfhídrico y bióxido de carbono que lo contaminan. El proceso consiste en lavar el gas con una solución acuosa de dietanolamina; esta sustancia absorbe las citadas impurezas y en la siguiente fase del proceso la dietanolamina se regenera y recircula. Al gas purificado obtenido de estas plantas se le denomina gas dulce.

PLANTAS DE AZUFRE

El ácido sulfhídrico que se elimina del gas en las plantas endulzadoras, es procesado en estas plantas, para obtener azufre.

El proceso consiste en oxidar una fracción de la corriente de ácido sulfhídrico a bióxido de azufre, que al combinarse con la fracción remanente de ácido sulfhídrico produce azufre elemental.¹⁰⁹

En este punto se explica de manera general lo que se realiza en el corto y largo plazo para posteriormente realizar de una manera más detallada la forma como se llegaron a determinar los costos y beneficios para ambos plazos.

2. COSTOS DEL EQUIPO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION DE AZUFRE Y REDUCIR LAS EMISIONES DE BIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂).

Las acciones propuestas en el corto plazo consisten en instalar el equipo sugerido por los ingenieros del Instituto Mexicano del Petróleo que realizaron el estudio durante el proceso de endulzamiento de gas ácido, y a largo plazo se toma el proceso más efectivo y económico en la producción de azufre para reducir bióxido de azufre, seleccionado con el método costo-efectividad.

2.1 A CORTO PLAZO

Los costos del equipo necesario se muestran en el cuadro 2, posteriormente se obtiene el costo para cada uno de los complejos considerando el número de plantas endulzadoras de gas que tiene cada complejo, ya que la inversión se realiza por planta lo que dará la inversión inicial, pero también se suma el valor presente neto del costo de mantenimiento, la depreciación y la inspección para poder obtener la inversión total por planta en los 5 complejos procesadores de gas (ver cuadros del 3 al 7). Los costos por depreciación y mantenimiento equivalen al 10% de la inversión inicial. Posteriormente, para concluir con los costos de cada complejo procesador de gas se realiza un cuadro resumen en el que se muestra la inversión total por complejo y tomando en cuenta los 5 complejos procesadores de gas (ver cuadro 8).

¹⁰⁹ Complejo Petroquímico de Cactus; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1986.

CUADRO 2
COSTOS (INVERSIÓN) A CORTO PLAZO
PERIODO (1997-2000)
COSTO UNITARIO DEL EQUIPO
PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

No.	EQUIPO	COSTO
1	Equipo para incrementar la eficacia de las mediciones en el proceso de recuperación de azufre.	
1.1	Sistema de medición de flujo ultrasónico.[1]	156,400
1.2	Medidor de temperatura por infrarrojo.[2]	68,972
1.3	Circuito de control de gas ácido/aire.[3]	156,400
1.4	Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalítico.[3]	23,460
1.5	Medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre.[4]	35,190
1.6	Analizador continuo de SO2 en chimenea.[4]	469,200
2	Sistema de control distribuido.[5]	19,550,000
3	Inspeccionar sistema de drenado[5]	16,586

[1] Costos proporcionados por Distribuidora GALEON, S.A. de C.V. R.F.C. DGA-800922-P76, Heriberto Frias N 321 03020 México D.F.

[2] Cotización de la empresa E2 Technology Corporation, Ventura, CA, USA (enero 1997)

[3] Los precios fueron proporcionados por el Ing. Rodolfo Cigala, Jefe de la División de Ingeniería de Instrumentación y Control. Subdirección de Transformación Industrial IMP (enero 1997)

[4] Costos proporcionados por COIMSA, de equipos semejantes (enero 1997)

[5] Costos proporcionados por el Ing. Arturo Miranda, de equipos semejantes (enero 1997)

CUADRO 3
COSTOS (INVERSIÓN) A CORTO PLAZO
COMPLEJO PROCESADOR DE GAS CACTUS (8 PLANTAS)
 PERIODO (1997-2000)
 PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

No.	EQUIPO	NÚMERO DE PLANTAS (A)	COSTO UNITARIO POR PLANTA (B)	COSTO TOTAL DE LAS PLANTAS (A*B)	INVERSIÓN INICIAL 1997	COSTO ANUAL			VALOR PRESENTE DE COSTO DE MANTTO. DEPRECIACION, E INSPECCIÓN (1997-2000)(U)	INVERSIÓN TOTAL TOTAL (1997-2000)		
						COSTO DE MANTTO. 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS	DEPRECIACION 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS	COSTO DE INSPECCIÓN				
1	Equipo para incrementar la eficacia de la mediciones en el proceso de recuperacion de azufre.											
1.1	Sistema de medición de flujo ultrasónico.	8	156,400	1,251,200	1,251,200	125,120	125,120	-	521,807	1,773,007		
1.2	Medidor de temperatura por infrarrojo	8	88,972	551,779	551,779	55,178	55,178	-	230,117	781,896		
1.3	Circuito de control de gas ácido/aire.	8	156,400	1,251,200	1,251,200	125,120	125,120	-	521,807	1,773,007		
1.4	Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalítico.	8	23,460	187,680	187,680	18,768	18,768	-	78,271	265,951		
1.5	Medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre.	8	35,190	281,520	281,520	28,152	28,152	-	117,407	398,927		
1.6	Analizador continuo de SO2 en chimeneas	8	469,200	3,753,600	3,753,600	375,360	375,360	-	1,565,421	5,319,021		
3	Inspeccionar sistema de drenado	8	16,586	132,688	-	-	-	132,688	276,685	276,685		
T O T A L						7,409,867	7,276,979	727,698	727,698	132,688	3,311,514	10,588,494

[1] Se tomó como referencia la tasa promedio de los Cetes a 28 días (20.65%), de las "Proyecciones Sobre la Economía de México" para 1997, publicadas por la SHCP en internet (<http://www.shcp.gob.mx/info/html/mex29.html>). Actualizadas el 7 de julio de 1997.

CUADRO 4
COSTOS (INVERSIÓN) A CORTO PLAZO
COMPLEJO PROCESADOR DE GAS NUEVO PEMEX (2 PLANTAS)

PERIODO (1997-2000)
 PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

No.	EQUIPO	NÚMERO DE PLANTAS	COSTO UNITARIO POR PLANTA (B)	COSTO TOTAL DE LAS PLANTAS (A*B)	INVERSIÓN INICIAL 1997	COSTO ANUAL		VALOR PRESENTE DE COSTO DE MANTTO. MÁS COSTO DE DEPRECIACION (1998-2000) [1]	INVERSIÓN TOTAL (1997-2000)
						COSTO DE MANTTO 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS	DEPRECIACION 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS		
		(A)	(B)	(A*B)					
1	Equipo para incrementar la eficacia de la mediciones en el proceso de recuperacion de azufre.								
1.1	Instalar sistema de medición de flujo ultrasonico.	2	156,400	312,800	312,800	31,280	31,280	130,452	443,252
1.2	Medidor de temperatura por infrarrojo	2	68,972	137,945	137,945	13,794	13,794	57,529	195,474
1.3	Circuito de control de gas ácido/aire	2	156,400	312,800	312,800	31,280	31,280	130,452	443,252
1.4	Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalitico.	2	23,460	46,920	46,920	4,692	4,692	19,568	66,488
1.5	Medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre.	2	35,190	70,380	70,380	7,038	7,038	29,352	99,732
1.6	Analizador continuo de SO2 en chimenea	2	469,200	938,400	938,400	93,840	93,840	391,355	1,329,755
T O T A L				1,819,245	1,819,245	181,924	181,924	758,707	2,577,952

[1] Ibid cuadro 2

CUADRO 5
COSTOS (INVERSIÓN) A CORTO PLAZO
COMPLEJO PROCESADOR DE GAS CIUDAD PEMEX (2 PLANTAS)

PERIODO (1997-2000)

PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

No.	EQUIPO	NÚMERO DE PLANTAS	COSTO UNITARIO POR PLANTA (B)	COSTO TOTAL DE LAS PLANTAS (A*B)	INVERSIÓN INICIAL 1997	COSTO ANUAL		VALOR PRESENTE DE COSTO DE MANTTO. MÁS COSTO DE DEPRECIACION (1998-2000) [1]	INVERSIÓN TOTAL (1997-2000)
						COSTO DE MANTTO 10% C TOTAL DE LAS PLANTAS	DEPRECIACION 10% C TOTAL DE LAS PLANTAS		
		(A)	(B)	(A*B)					
1	Equipo para incrementar la eficacia de las mediciones en el proceso de recuperación de azufre.								
1.1	Sistema de medición de flujo ultrasonico.	2	156,400	312,800	312,800	31,280	31,280	130,452	443,252
1.2	Medidor de temperatura por infrarrojo	2	68,972	137,945	137,945	13,794	13,794	57,529	195,474
1.3	Circuito de control de gas ácido/aire.	2	156,400	312,800	312,800	31,280	31,280	130,452	443,252
1.4	Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalítico.	2	23,480	46,920	46,920	4,692	4,692	19,568	66,488
1.5	Medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre.	2	35,190	70,380	70,380	7,038	7,038	29,352	99,732
1.6	Analizador continuo de SO2 en chimenea.	2	469,200	938,400	938,400	93,840	93,840	391,355	1,328,755
T O T A L				1,819,245	1,819,245	181,924	181,924	758,707	2,577,952

[1] Ibid. cuadro 2.

CUADRO 6
COSTOS (INVERSIÓN) A CORTO PLAZO
COMPLEJO PROCESADOR DE GAS POZA RICA (1 PLANTA)

PERIODO (1997-2000)

PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

No.	EQUIPO	NÚMERO DE PLANTAS	COSTO UNITARIO POR PLANTA	COSTO TOTAL DE LAS PLANTAS	INVERSIÓN INICIAL 1997	COSTO ANUAL		VALOR PRESENTE DE COSTO DE MANTTO. MÁS COSTO DE DEPRECIACIÓN (1998-2000) [1]	INVERSIÓN TOTAL (1997-2000)
						COSTO DE MANTTO 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS	DEPRECIACIÓN 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS		
		(A)	(B)	(A*B)					
1	Equipo para incrementar la eficacia de la mediciones en el proceso de recuperacion de azufre.								
1.2	Instalar un medidor de temperatura por nírrrojo	1	68,972	68,972	68,972	6,897	6,897	28,765	97,737
1.3	Implementar el circuito de control de gas ácido/aire.	1	156,400	156,400	156,400	15,640	15,640	65,226	221,626
1.4	Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalítico.	1	23,460	23,460	23,460	2,346	2,346	9,784	33,244
1.5	Instalar medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre.	1	35,190	35,190	35,190	3,519	3,519	14,676	49,866
1.6	Instalar analizador continuo de SO2 en chimenea.	1	469,200	469,200	469,200	46,920	46,920	195,678	664,878
T O T A L				753,222	753,222	75,322	75,322	314,128	1,067,350

[4] Ibid cuadro 2.

CUADRO 7
COSTOS (INVERSIÓN) A CORTO PLAZO
COMPLEJO PROCESADOR DE GAS MATAPIONCHE (1 PLANTA)

PERIODO (1997-2000)
 PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

No.	EQUIPO	NÚMERO DE PLANTAS (A)	COSTO UNITARIO POR PLANTA (B)	COSTO TOTAL DE LAS PLANTAS (A*B)	INVERSIÓN INICIAL 1997	COSTO ANUAL		VALOR PRESENTE DE MÁS COSTO DE DEPRECIACIÓN (1998-2000) [1]	INVERSIÓN TOTAL (1997-2000)
						COSTO DE MANTTO 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS	DEPRECIACIÓN 10% C. TOTAL DE LAS PLANTAS		
1	Equipo para incrementar la eficacia de la mediciones en el proceso de recuperacion de azufre.								
1.1	Sistema de medición de flujo ultrasonico.	2	156,400	312,800	312,800	31,280	31,280	130,452	443,252
1.4	Medidor de temperatura por infrarrojo	2	68,972	137,945	137,945	13,794	13,794	57,529	195,474
1.5	Circuito de control de gas ácido/aire.	2	156,400	312,800	312,800	31,280	31,280	130,452	443,252
1.6	Registro de temperaturas a lo largo de la cama del reactor catalítico.	2	23,460	46,920	46,920	4,692	4,692	19,568	66,488
1.7	Medidor electrónico de nivel en la fosa de azufre.	2	35,190	70,380	70,380	7,038	7,038	29,352	99,732
1.8	Analizador continuo de SO2 en chimenea.	2	469,200	938,400	938,400	93,840	93,840	391,355	1,329,755
2	Sistema de control distribuido	1	19,550,000	19,550,000	19,550,000	1,955,000	1,955,000	8,153,236	27,703,236
TOTAL				21,369,245	21,369,245	2,136,924	2,136,924	8,911,943	30,281,188

[1] Ibid cuadro 2.

CUADRO 8
VALOR PRESENTE NETO
VPN DE LOS COSTOS A CORTO PLAZO
COMPLEJOS PROCESADORES DE GAS
PERIODO (1997-2000)

PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

CONCEPTOS	CACTUS (8 PLANTAS)	NUEVO PEMEX (2 PLANTAS)	CIUDAD PEMEX (2 PLANTAS)	POZA RICA (1 PLANTA)	MATAPIONCHE (2 PLANTAS)	COSTO TOTAL 5 CPG. (15 PLANTAS)
INVERSIÓN INICIAL	7,276,979	1,819,245	1,819,245	753,222	21,369,245	33,037,936
MANTENIMIENTO, DEPRECIACION E INSPECCIÓN (1998-2000)	1,588,084	363,848	363,848	150,644	4,273,848	6,740,272
TRAM 20.65%*	0.2065	0.2065	0.2065	0.2065	0.2065	0.2065
PERIODO (3 AÑOS)	3	3	3	3	3	3
VPN DE MANTTO, DEPRECIACION E INSPECCION	3,311,515	758,705	758,705	314,127	8,911,941	39,778,208
INVERSIÓN TOTAL	10,588,494	2,577,950	2,577,950	1,067,349	30,281,186	47,092,930

* Se tomó como referencia la tasa promedio de los Cetes a 28 días (20.65%), de las "Proyecciones Sobre la Economía de México" para 1997, publicadas por la SHCP en internet (<http://www.shcp.gob.mx/info/html/mex29.html>). Actualizadas el 7 de julio de 1997

2.2. LARGO PLAZO

Para el largo plazo el proceso recomendado de acuerdo al costo-efectividad es el Lurgi Sulfiren Process, donde para llegar a determinar el costo total por planta se considera el precio de este proceso y el 40%, 10% y 5% para instalación, mantenimiento y depreciación, respectivamente, del costo de éste, pero se toma el valor presente neto a 20 años pues es el tiempo de vida del proyecto, considerando también el costo de la mano de obra; posteriormente se calcula el costo total por complejo tomando en cuenta el número de plantas endulzadoras de gas que tiene cada complejo (ver cuadro 9).

2.2.1. COSTO-EFECTIVIDAD DEL PROCESO A LARGO PLAZO

Para seleccionar el proceso LURGI SULFREEN PROCESS se contemplaron 10 procesos procedentes de origen Holandés, Francés y de EUA (ver cuadro 10). Con una eficiencia en recuperar azufre que va desde 99.0% a 99.8%, de acuerdo con los costos, se proporciona un mínimo y un máximo al que se le agrega el costo de mantenimiento, instalación, operación y depreciación, obteniendo así la inversión total por proceso (ver cuadro 11). Sin embargo, para instalar cualquier proceso es importante que las plantas se encuentren operando a una eficiencia del 96.5% de efectividad, por lo tanto existe una mejora en la eficiencia de 2.5% a 3.3% valor que sirve para finalmente determinar que por cada unidad porcentual de recuperación de azufre con este proceso cuesta \$6,281,229.00, con una eficiencia de 99% (ver cuadro 12 y 13).

CUADRO 9
VALOR PRESENTE NETO
LURGI SULFREEN PROCESS

(PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997)

CONCEPTO	COSTOS
INVERSION TOTAL INICIAL	4,105,500
COSTO POR PROCESO	2,932,500
COSTO DE INSTALACIÓN	1,173,000
COSTOS ANUALES DEL PROCESO	10,840,010
COSTO DE MANTENIMIENTO	293,250
COSTO DE MANO DE OBRA	10,400,135
COSTO DE DEPRECIACIÓN	146,625
VALOR PRESENTE NETO	51,264,963
TRAM (20.65%)	0.2065
PERIODO (AÑOS)	20
COSTO TOTAL POR PROCESO	55,370,463
COSTO TOTAL POR CENTRO	
CACTUS (8 PROCESOS)	442,963,707
NUEVO PEMEX (2 PROCESOS)	110,740,927
CIUDAD PEMEX (2 PROCESOS)	110,740,927
POZA RICA (1 PLANTA)	71,909,260
MATAPIONCHE (2 PLANTAS)	127,911,321
COSTO TOTAL DE LOS 5 CPQ'S	864,266,142

CUADRO 10
PROCESOS DE RECUPERACION DE AZUFRE
ALTERNATIVAS A LARGO PLAZO

No	COMPANIA	PROCESO	PAIS DE ORIGEN
1	SNPA Y LURGI	LURGI SULFREEN PROCESS	EUA
2	AMOCO PRODUCTION COMPANY	COLD BED ABSORTION	EUA
3	MINERAL AND CHEMICAL RESOURCE AND DELTA PROJECTS LTD	MCRG	EUA
4	INSTITUTE FRANCAIS DU PETROLE	IFP PROCESS	FRANCIA
5	WELLMAN LORD COMPANY	DAVY MCKEE/WELLMAN-LORD (W-L) PROCESS	EUA
6	COASTAL STATES GAS CORPORATION	AMMONNIUM THIOSULPHATE (ATS) PROCESS	EUA
7	ROYAL DUTCH LABORATORIES AND SHELL OIL COMPANY	SHELL CLAUS OFFGAS TREATING (SCOT) PROCESS	EUA
8	RALPH M. PARSONS COMPANY AND UNION OIL CO.	PARSONS' BSPR (BEAVON-STRETFORD) PROCESS	EUA
9	UNION OIL CO. OF CALIFORNIA AND RALPH M. PARSONS C.	PARSONS' BSR / SELECTOX PROCESS	EUA
10	COMPRIMO B. V.	SUPER CLAUS	HOLANDA

FUENTE: Sulfur Recovery, Autores: Harold G Paskall and John a Sames, Editorial. Bovar Western Research

CUADRO 11
COSTO TOTAL POR PROCESO
ALTERNATIVAS A LARGO PLAZO
(PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997)

No.	PROCESO	COSTO (1)		COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL 10% DEL COSTO DEL PROCESO		COSTO DE INSTALACIÓN (2) 40% DEL COSTO DEL PROCESO		COSTO DE OPERACIÓN (3)	COSTO DE DEPRECIACIÓN (4) 5% DEL COSTO DEL PROCESO		COSTO TOTAL	
		MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO		MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
1	LURGI SULFREEN PROCESS	2,932,500	3,421,250	293,250	342,125	1,173,000	1,388,500	10,400,135	146,625	171,063	14,945,510	15,703,073
2	COLD BED ABSORTION	3,421,250	4,887,500	342,125	488,750	1,388,500	1,855,000	10,400,135	171,063	244,375	15,703,073	17,875,780
3	MCRC	2,932,500	4,388,750	293,250	438,875	1,173,000	1,759,500	10,400,135	146,625	219,938	14,945,510	17,218,196
4	IFP PROCESS	5,885,000	6,842,500	588,500	684,250	2,346,000	2,737,000	10,400,135	293,250	342,125	18,490,855	21,006,010
5	DAVY MCKEEWELLMAN-LORD (W-L) PROCESS	12,707,500	19,550,000	1,270,750	1,855,000	5,083,000	7,820,000	10,400,135	635,375	977,500	30,066,760	40,702,635
6	AMMONIUM THIOSULPHATE (ATS) PROCESS	6,842,500	9,775,000	684,250	977,500	2,737,000	3,910,000	10,400,135	342,125	488,750	21,006,010	25,551,385
7	SHELL CLAUS OFFGAS TREATING (SCOT) PROCESS	7,820,000	9,775,000	782,000	977,500	3,128,000	3,910,000	10,400,135	391,000	488,750	22,521,135	25,551,385
8	PARSONS' BSPR (BEAVON-STRETFORD) PROCESS	8,787,500	11,730,000	878,750	1,173,000	3,519,000	4,692,000	10,400,135	438,675	588,500	24,038,260	28,581,635
9	PARSONS' BSR / SELECTOX PROCESS (EFEC MAX)	4,887,500	5,885,000	488,750	588,500	1,855,000	2,346,000	10,400,135	244,375	293,250	17,975,760	19,480,855
10	SUPERCLAUS	9,775,000	9,775,000	977,500	977,500	3,910,000	3,910,000	10,400,135	488,750	488,750	25,551,385	25,551,385

- 1 El precio de cada proceso se cálculo de acuerdo a un rango porcentual de mínimo y máximo, en función del proceso Superclaus cuyo precio es de 9,775,000, según datos proporcionados por el Ing. Arturo Miranda
- 2 La instalación se realiza en 1 año
- 3 Se tomó como ejemplo la plántilla de personal del CPG Poza Rica y se tomaron costos Hora Hombre equivalentes del Tabulador S2A del IMP
- 4 Se considera una vida útil de 20 años para cada uno de los procesos.

CUADRO 12
ANALISIS COSTO-EFECTIVIDAD

ALTERNATIVAS A LARGO PLAZO
(PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997)

No.	PROCESO	EFECTIVIDAD DE RECUPERACION DE AZUFRE (%)	COSTO TOTAL		MEJORA EN EFICIENCIA (1) (%)	COSTO/EFECTIVIDAD (2)	
			MINIMO	MAXIMO		MINIMO	MAXIMO
1	LURGI SULFREEN PROCESS	99.0	14,945,510	15,703,073	2.5	5,978,204	6,281,229
2	COLD BED ABSORTION	99.0	15,703,073	17,975,760	2.5	6,281,229	7,190,304
3	MCRC	99.0	14,945,510	17,218,198	2.5	5,978,204	6,887,279
4	IIFP PROCESS	99.0	19,490,885	21,006,010	2.5	7,796,354	8,402,404
5	DAVY MCKEE/WELLMAN-LORD (W-L) PROCESS	99.5	30,096,760	40,702,635	3.0	10,032,253	13,567,545
6	AMMONNIUM THIOSULPHATE (ATS) PROCESS	99.5	21,006,010	25,551,385	3.0	7,002,003	8,517,128
7	SHELL CLAUS OFFGAS TREATING (SCOT) PROCESS	99.9	22,521,135	25,551,385	3.4	6,623,863	7,515,113
8	PARSONS' BSR (BEAVON-STRETFORD) PROCESS	99.9	24,036,260	28,581,635	3.4	7,069,488	8,406,363
9	PARSONS' BSR / SELECTOX PROCESS	99.5	17,975,760	19,490,885	3.0	5,991,920	6,496,962
10	SUPERCLAUS	99.8	25,551,385	25,551,385	3.3	7,742,844	7,742,844

- 1 Mejora en la eficiencia con respecto a la recuperación de Azufre que se tendría en el corto plazo (96.5%)
- 2 Representa el costo por incrementar en una unidad porcentual la eficiencia de la recuperación de azufre

CUADRO 13
JERARQUIZACIÓN DE PROCESOS
DEL ANALISIS COSTO/EFFECTIVIDAD
(PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997)

No.	PROCESO	COSTO/EFFECTIVIDAD
1	LURGI SULFREEN PROCESS	6,281,229
9	PARSONS' BSR / SELECTOX PROCESS	6,496,962
3	MCRC	6,887,279
2	COLD BED ABSORTION	7,190,304
7	SHELL CLAUS OFFGAS TREATING (SCOT) PROCESS	7,515,113
10	SUPERCLAUS	7,742,844
4	IFP PROCESS	8,402,404
8	PARSONS' BSPR (BEAVON-STRETFORD) PROCESS	8,406,363
6	AMMONNIUM THIOSULPHATE (ATS) PROCESS	8,517,128
5	DAVY MCKEE/WELLMAN-LORD (W-L) PROCESS	13,567,545

3. BENEFICIOS DEL ANTEPROYECTO DE NORMA

Los beneficios que se esperan por las medidas tomadas a corto y largo plazo se reflejan principalmente en la reducción de daños y prejuicios contra los cultivos, corrosión, salud de adultos y niños, así como por la venta de azufre producido que se incrementa dada la disminución de emisión de bióxido de azufre a la atmósfera. A través de aplicar las medidas propuestas se logra que la emisión de bióxido de azufre a la atmósfera no rebase los 0.13 ppm que se fija como nivel máximo permitido siendo reflejados en el medio ambiente pero únicamente pudiéndose expresar monetariamente en los beneficios anteriormente mencionados (ver cuadro 14 Y 15).

Para expresarse monetariamente los beneficios en el corto plazo como en el largo plazo se consideran el azufre procesado, producido y la emisión del bióxido de azufre reportados en simulación de agosto y septiembre de 1996 así como históricos de los años 1994 y 1995 en Cactus, Ciudad Pemex, Nuevo Pemex y Poza Rica; en Matapionche únicamente se cuenta con datos históricos de 1995.

En lo que respecta a la simulación, los datos reportados son el azufre procesado y la eficiencia, calculando con estos datos el azufre producido.

$\text{eficiencia} / 100 * \text{azufre procesado} = \text{azufre producido.}$

Mediante los anteriores datos de azufre procesado y azufre producido se determina la emisión de bióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera de acuerdo a la simulación realizada.

A cada nivel de emisión de bióxido de azufre simulado (ton/día) para cada complejo procesador de gas, le corresponde un nivel de concentración de bióxido de azufre en microgramos por metro cubico (mg/m³):

CUADRO 14
VALOR PRESENTE DE LOS BENEFICIOS
CORTO PLAZO
PERIODO (1997-2000)
PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

CONCEPTO	VALOR
BENEFICIO ANUALIZADO POR VENTA DE AZUFRE	8,187,111
BENEFICIO SALUD NIÑOS	7,070
BENEFICIO SALUD POBLACION EN GENERAL	746,249
BENEFICIO ANUALIZADO CORROSION	4,245,165
BENEFICIO ANUALIZADO EN CULTIVOS	59,837,301
TRAM 20.65%	0.2065
PERIODO (AÑOS)	3
VPN POR VENTA DE AZUFRE	17,071,981
VPN SALUD NIÑOS	14,743
VPN EN SALUD POBLACION EN GENERAL	1,556,098
VPN CORROSION	8,852,130
VPN CULTIVOS	124,774,324
VPN TOTAL DE BENEFICIOS	152,269,276

CUADRO 15
VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS
LARGO PLAZO
PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

CONCEPTO	VALOR
BENEFICIO ANUALIZADO POR VENTA DE AZUFRE	19,468,795
BENEFICIOS EN SALUD POBLACION EN GENERAL	1,047,625
BENEFICIOS SALUD NIÑOS	9,981
BENEFICIOS POR CORROSION	8,792,204
BENEFICIOS EN CULTIVOS	61,435,489
TRAM 20.65%	0.2065
PERIODO (AÑOS)	20
VPN POR VENTA DE AZUFRE	92,072,522
VPN DE SALUD POBLACION EN GENERAL	4,954,466
VPN DE SALUD EN NIÑOS	47,203
VPN POR CORROSION	41,580,406
VPN EN CULTIVOS	290,542,914
VPN TOTAL DE BENEFICIOS	429,197,511

COMPLEJO PROCESADOR DE GAS CONCENTRACIONES DE SO₂ (mg/m³)

Poza Rica	73.36
Matapionche	68.12
Nuevo Pemex	38.872
Ciudad Pemex	48.113
Cactus	539.01

A continuación se mencionan los pasos que se tuvieron que realizar para determinar tales cálculos en cada uno de los beneficios. (Ver anexo 2)

3.1. CORTO PLAZO

3.1.1. BENEFICIOS EN SALUD DE ADULTOS.

Para calcular los beneficios en el corto plazo se utilizan los datos históricos considerando la producción de azufre (ton/día), la eficiencia (%) mensual, durante el período de enero de 1994 a diciembre de 1995, con estos datos se obtiene el azufre procesado mensual, (azufre producido * 100) / eficiencia = azufre procesado; la emisión de bióxido de azufre (ton/día) histórico es la diferencia entre el azufre procesado y el azufre producido, el dato se calcula mensual y el total.

Al aplicarse la norma se espera tener una eficiencia de 93% en Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex y del 90% en Matapionche y Poza Rica en el corto plazo. Con el azufre procesado y esta eficiencia (90% y 93%) del azufre procesado por diferencia se obtiene la nueva emisión mensual (ton/día), obteniendo un total de enero de 1994 a diciembre de 1995; la reducción de emisiones en el corto plazo es la diferencia entre las emisiones de SO₂ que se obtienen una vez aplicada ésta y las anteriores a la norma.

Al calcular la reducción de emisiones en el corto plazo para cada uno de los complejos, se determina su nivel de concentración, utilizando las emisiones y concentraciones de simulación:

emisiones en simulación -----concentración en simulación

reducción de emisiones ----- ?

reducción de emisiones * concentraciones / emisiones en simulación =
cambio en concentraciones.

Así se obtiene la concentración para cada uno de los complejos.

Al aplicar la norma se observa una reducción de emisiones, un cambio en concentración de SO₂ en la atmósfera, con este último dato y la función dosis-respuesta obtenida para el caso de Chile,¹¹⁰ se estiman los beneficios que se obtienen por aplicar la norma.

De acuerdo a la función dosis-respuesta del estudio realizado en Chile en 1994, sobre los efectos provocados en salud debido a concentraciones de SO₂ en la atmósfera, para el caso específico de mortalidad, se encuentra que de un aumento de 10 mg/m³ en las concentraciones troposféricas de SO₂ provocan un aumento en mortalidad de 3.3 muertes para cada 100,000 habitantes.¹¹¹

La concentración que se obtiene por darse una reducción de emisiones se divide entre 10 mg/m³ y se multiplica por 3.3, lo que da las muertes que se evitan por la puesta en marcha de la norma.

Para determinar la población que es beneficiada, se ubica la superficie afectada de acuerdo a la Isopleta¹¹² de la distribución de mayores concentraciones de SO₂ donde se muestra toda la superficie afectada tomando únicamente el 10% de toda la superficie en Cactus, para Poza Rica,

¹¹⁰ Reporte No. 13061-CH: Chile, managing environmental problems: economic analysis of selected issues. December 19, 1994. Document of the world Bank. P.109-112.

¹¹¹ Se toma el caso de Chile por que es el único país donde existe un estudio específico y único para el contaminante que interesa cuantificar monetariamente.

¹¹² La isopleta es una gráfica que muestra la concentración de contaminantes en determinada área correspondientes a datos obtenidos a través de modelos de dispersión o por información monitoreada en la región de estudio. (Ver anexo 3)

Matapionche, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex se determina la superficie afectada donde se encuentran concentraciones mayores a .004 ppm (partes por millón) o 10 mg/m³ (microgramos por metro cubico)¹¹³ donde 1ppm=2620 mg/m³, a partir de estas concentraciones se reflejan los efectos del bióxido de azufre en los habitantes expuestos a tal contaminante, así como la densidad de población para cada uno de los municipios afectados por el complejo.

También se ubica la densidad de población de las localidades cercanas a estos complejos. Y el producto del (territorio afectado) (densidad de población) es la población beneficiada al darse una reducción en las emisiones de bióxido de azufre, éste dato se multiplica por el numero de muertes evitadas y se divide entre 100,000 según la función dosis-respuesta, dando como resultado las muertes evitadas.

Ahora para expresar los beneficios monetariamente, las muertes evitadas se multiplican por el salario mínimo (\$22.5), los años que en promedio se supone dejan de trabajar o vivir (12.9)¹¹⁴ y por 365 días siendo el resultado el beneficio de la norma anual.

3.1.2. BENEFICIOS EN SALUD DE NIÑOS.

Para saber los beneficios en niños de acuerdo a la función dosis-respuesta a cada aumento de 10 mg/m³ de SO₂ hay 0.18 niños afectados por enfermedades respiratorias en cada 1000 niños.

Al darse una reducción de emisiones de bióxido de azufre, por aplicar la norma equivale a una determinada concentración (mg/m³) la cual se le aplica la función dosis-respuesta, para cada nivel de concentración se divide entre 10mg/m³ y se multiplica por 0.18, dando el número de enfermedades que se evitan al aplicar la norma.

Para saber el numero de niños que serán afectados se toma la (densidad de niños) (territorio afectado por concentraciones de SO₂), el resultado son los niños beneficiados por reducir las emisiones.

¹¹³ Ibid

¹¹⁴ Reporte No. 13061-CH: Chile, managing environmental problems: Ob. Cit P.109-112.

El número de enfermedades que se evitarán de acuerdo a la población que se beneficia por cada 1000 niños se multiplica (enfermedades que se evitarán) (niños beneficiados) / 1000 = enfermedades evitadas.

Las enfermedades evitadas se multiplican por el costo de tratamiento (\$408.00)¹¹⁵; así se obtienen los beneficios para niños en el corto plazo y el largo plazo.

3.1.3. BENEFICIOS EN CORROSIÓN

Para calcular los beneficios en el corto plazo se utilizan los datos históricos considerando la producción de azufre (ton/día), la eficiencia (%) mensual, durante el período de enero de 1994 a diciembre de 1995, con estos datos se obtiene el azufre procesado mensual, (azufre producido * 100) / eficiencia = azufre procesado; la emisión de bióxido de azufre (ton/día) histórico es la diferencia entre el azufre procesado y el azufre producido, el dato se calcula mensual y total.

Al aplicarse la norma se espera tener una eficiencia de 93% en Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex y del 90% en Matapionche y Poza Rica en el corto plazo. El azufre procesado y esta eficiencia del azufre procesado, permite obtener la nueva emisión mensual (ton/día), y la total de 1994 y 1995; por lo tanto la reducción de emisiones en el corto plazo es la diferencia entre las emisiones de SO₂ que se obtienen una vez aplicada ésta y las anteriores a la norma.

Posteriormente se procede a obtener la razón de cambio que nos sirve para saber exactamente en cuanto disminuyen las emisiones históricas que se vienen emitiendo con respecto a la eficiencia de la norma:

razón de cambio = emisiones con norma / emisiones históricas.

Como se cuenta con los costos de corrosión que corresponde a las reclamaciones de localidades más cercanas con un total de \$11,516,708.00 esta cifra se multiplica por la razón de cambio, así se obtienen los beneficios en corrosión por aplicar la norma.

¹¹⁵ Instituto Nacional de Salud Pública, Valuación Económica de los Beneficios de Reducir la Contaminación del Aire en la Cd. de México, Reporte Final, Noviembre 1995.

3.1.4. BENEFICIOS EN CULTIVO

Se toma el volumen, valor y superficie, de la producción de los principales productos agrícolas cosechados en los municipios de los estados donde se encuentran ubicadas las plantas de recuperación de azufre de Pemex Gas y Petroquímica Básica. (ver cuadros del 16-20)

Para conocer la magnitud de los efectos que se presentan en los cultivos, fue necesario determinar en primer lugar el área de territorio afectado por las emisiones de bióxido de azufre con concentraciones mayores a .0135 ppm presentadas por las isopletas, y en segundo, el factor que midiese el cambio en concentraciones¹¹⁶. Para obtener dicho factor se emplearon las siguientes fórmulas¹¹⁷, donde el SO₂ se da en partes por billón:

FORMULA

$$Y=0.74(SO_2)-0.55(SO_2)^2$$

$$y=-0.69(SO_2)+9.35$$

RANGO

De 0 a 13.6 ppb de SO₂
Arriba de 13.6 ppb de SO₂

Al aplicar el área de territorio afectado y el factor de cambio en concentraciones, a los datos de volumen, valor y superficie de la producción, los resultados obtenidos para el corto plazo fueron los siguientes:

Complejo Procesador de Gas	Municipio	Valor de la Producción Agrícola (1996)
Ciudad Pemex	Macuspana, Tab.	19, 671
Nuevo Pemex	Reforma, Chis.	662,740
Cactus	Reforma, Chis.	59, 017, 312
Poza Rica	Poza Rica, Ver.	
	Coatzintla, Ver.	
Matapionche	Cotaxtla, Ver.	22, 319
	Atzalán, Ver.	115, 260
Total		\$ 59, 837,301

¹¹⁶ Este dato ya se explico anteriormente como se obtuvo en los beneficios en salud

¹¹⁷ La primer formula se obtuvo de la fuente: Exerne Externalities of Energy, Vol. 2: Methodology Prepared by ETSU, UK, and Metroeconomica, UK 1995 EUR 16521 EN. Y la segunda formula de: Chile Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues, December, 19, 1994, Environment and Urban Development Division Country Department I Latin America and the Caribbean Region.

CUADRO 16
NUEVO PEMEX
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 CORTO PLAZO
 MUNICIPIO DE LA REFORMA CHIAPAS
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT. 1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maíz	4,697	1.67	568	1019.97	66.74	112
Frijol	476	4.05	568	103.45	6.77	27
Arroz	127	5.37	568	27.54	1.80	10
Café	975	26.87	568	211.67	13.85	372
Cacao	406	9.41	568	88.13	5.77	54
ppñ	6,547	0.94	568	1421.45	93.01	87
Hule	2	3.36	568	0.47	0.03	0
100						663

FUENTE:

Anuario Estadístico del Estado de Chiapas, INEGI Edición 1996.

CUADRO 17
CIUDAD PEMEX
BENEFICIOS EN CULTIVO
CORTO PLAZO
MUNICIPIO DE MACUSPANA TABASCO
(MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maíz	8,342	1.57	2,067	646	10.43	16.39
Arroz	72	1.08	2,067	6	0.09	0.10
Frijol	93	5.00	2,067	7	0.12	0.58
Chile verde	23	2.12	2,067	2	0.03	0.06
Sandía	150	1.81	2,067	12	0.19	0.34
Naranja	362	1.20	2,067	28	0.45	0.54
Limón	83	1.31	2,067	6	0.10	0.14
Piña	32	0.57	2,067	2	0.04	0.02
Mango	60	2.08	2,067	5	0.08	0.16
Toronja	250	0.54	2,067	19	0.31	0.17
Caña de azúcar	36	0.15	2,067	3	0.05	0.01
Hule hevea	639	1.47	2,067	49	0.80	1.17
100						19.67

FUENTE:
 Anuario Estadístico del Edo. de Tabasco,
 INEGI, Edición 1995.

CUADRO 18
CACTUS
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 CORTO PLAZO
 MUNICIPIO DE LA REFORMA CHIAPAS
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT. 1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	5,846	1.67	568	556	601.76	1,006.26
Frijol	1,437	4.05	568	137	147.95	599.67
Arroz	507	5.37	568	48	52.23	280.70
Café	19,497	26.87	568	1,855	2,006.93	53,934.27
Cacao	2,841	9.41	568	270	292.46	2,750.87
Plátano	4,583	0.94	568	436	471.72	443.69
Hule	5	3.36	568	1	0.55	1.86
100						59,017.31

FUENTE:
 Anuario Estadístico del Estado de Chiapas, INEGI Edición 1996.

CUADRO 19
MATAPIONCHE
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 CORTO PLAZO
 MUNICIPIO DE COTAXTLA VERACRUZ
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	11,068	1.60	491	51	10.61	16.98
Frijol	42	3.81	491	0	0.04	0.15
Sandía	45	1.07	491	0	0.04	0.05
Mango	7,982	0.67	491	36	7.65	5.14
100						22.32

FUENTE:

Anuario Estadístico del Estado de Veracruz, INEGI Edición 1996.

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 20
MATAPIONCHE
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 CORTO PLAZO
 MUNICIPIO DE ATZALAN VERACRUZ
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	11,185	1.37	464	54	11.35	15.58
Frijol	24	5.37	464	0	0.02	0.13
Naranja	52,010	0.51	464	252	52.76	26.94
Caña de Azú	1,800	0.16	464	9	1.83	0.29
Café	24,635	2.42	464	119	24.99	60.44
Plátano	24,900	0.47	464	120	25.26	11.88
100						115.26

FUENTE:

Anuario Estadístico del Estado de Veracruz, INEGI Edición 1996.

Cabe destacar que en el caso del CPG de Poza Rica no se obtuvieron datos de volumen y valor de la producción, para ninguno de los municipios involucrados, lo cual es explicable ya que son zonas urbanas.

3.1.5. BENEFICIOS POR LA VENTA DE AZUFRE.

El azufre que se procesa en todos los complejos es de 777,799 ton/año. De éste se recupera 398,942 ton/año y se emite a la atmósfera 378,857 ton/año; con la eficiencia que se propone con la norma de 93% y 90% se espera producir 417,324 ton/año y las emisiones se reducen a 360,475 ton/año, en términos reales lo que se recupera son 18,382 ton/año con el precio del azufre de \$445.39 por ton.,¹¹⁸ resultan beneficios del orden de \$8,187,111.00 (ver cuadro 21). Y a estos beneficios se les aplica el valor presente neto a 3 años (ver cuadro 14).

3.2. LARGO PLAZO

3.2.1.. BENEFICIOS EN LA SALUD DE ADULTOS

Para cuantificar los beneficios a largo plazo, partiendo de los datos históricos del azufre procesado, se obtiene un promedio de enero de 1994 a diciembre de 1995 para Cactus, Nuevo Pemex, Ciudad Pemex, Poza Rica, el caso de Matapionche únicamente se consideraron datos de 1995.

Para saber la reducción de emisiones en el largo plazo, al promedio de azufre procesado, se aplica la eficiencia en el futuro, de 98.5 para los 5 complejos procesadores de gas, de acuerdo a la eficiencia que se espera en el corto plazo de 90% para Matapionche y Poza Rica y de 93% para Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex ya obtenido en el corto plazo; únicamente se aplica la diferencia de 8.5% y 5.5% de eficiencia al azufre procesado, obteniendo así la reducción de emisiones en el largo plazo.

Al calcular la reducción de emisiones en el largo plazo para cada uno de los complejos, se determina su nivel de concentración, utilizando las emisiones y concentraciones de simulación. El cálculo que sigue es el mismo que se

¹¹⁸ Dato proporcionado por el Ing. Pedro Pizarro de la Gerencia de Evaluación e Información de Pemex, Septiembre 1997.

CUADRO 21
BENEFICIOS A CORTO PLAZO
(1997-2000)

PESOS CORRIENTES DE ABRIL DE 1997

CENTROS PETROQUIMICOS	PROMEDIO DE AZUFRE PROCESADO ANUAL ENE. 94 A MAYO 96 TON/AÑO	EFICIENCIA PROMEDIO DE MESES CON EFICIENCIA MENOR A LA NORMA (%)	PORCENTAJE DE TIEMPO POR ABAJO DE LA NORMA	AZUFRE ANUAL PRODUCIDO EN MESES CON EFICIENCIA MENOR A LA NORMA TON/AÑO	EFICIENCIA SEGÚN LA NORMA (%)	AZUFRE ANUAL PRODUCIDO DE ACUERDO A LA NORMA EN MESES, CON EFICIENCIA MENOR A LA DE LA NORMA TON/AÑO	BENEFICIOS ANUALES (TON/AÑO)	BENEFICIOS ANUALES (\$/AÑO)
CACTUS								
PLANTA 7	42,998	0.87	0.72	26,987	0.93	28,791	1,805	803,878
PLANTA 9	35,244	0.90	0.52	16,491	0.93	17,044	553	246,511
PLANTA 10	34,052	0.91	0.48	14,805	0.93	15,201	396	176,172
PLANTA 11	38,023	0.91	0.48	16,523	0.93	16,974	451	200,783
PLANTA 12	31,952	0.90	0.45	12,942	0.93	13,372	430	191,482
PLANTA 3	36,454			17,549		18,276	727	323,765
PLANTA 4	36,454			17,549		18,276	727	323,765
PLANTA 8	36,454			17,549		18,276	727	323,765
TOTAL	291,631			140,395		146,210	5,816	2,590,122
CD. PEMEX								
PLANTA 1	91,687	0.90	0.38	31,416	0.93	32,402	986	439,155
PLANTA 2	116,074	0.91	0.41	43,288	0.93	44,259	971	432,402
TOTAL	207,760			74,704		76,661	1,957	871,557
MATAPIONCHE [1]								
PLANTA 1	6,443	0.77	1	4,960	0.9	5,799	839	373,641
PLANTA 2	8,870	0.84	0.76	5,666	0.9	6,067	401	178,647
TOTAL	15,313			10,626		11,866	1,240	562,288
NVO. PEMEX								
PLANTA 1	126,704	0.89	0.62	70,276	0.93	73,057	2,781	1,238,580
PLANTA 2	120,608	0.88	0.86	91,276	0.93	96,462	5,186	2,309,855
TOTAL	247,311			161,552		169,519	7,967	3,548,435
POZA RICA								
PLANTA 1	15,782	0.80	0.92	11,665	0.9	13,068	1,403	624,710
	15,782			11,665		13,068	1,403	624,710
TOTAL	777,799			398,942		417,324	18,382	8,187,111

[1] ENE 95 A MAYO 96

realiza a corto plazo lo único que cambia es la reducción de emisiones (ver beneficios en salud para adultos a corto plazo).

3.2.2. BENEFICIOS EN SALUD PARA NIÑOS.

El valor de la concentración que se obtiene a largo plazo permite calcular estos beneficios siendo el mismo procedimiento que se utiliza a corto plazo.

3.2.3. BENEFICIOS EN CORROSIÓN

En el largo plazo se utilizan también los datos históricos de azufre procesado, producido y las emisiones de bióxido de azufre, el procedimiento es el mismo que se realiza a corto plazo para obtener los beneficios en corrosión.

Lo primero que se realiza es obtener el costo por tonelada por emitir bióxido de azufre, el cual se obtiene con los \$11,516,708¹¹⁹ entre las emisiones totales de cada complejo.

Posteriormente, contando con el azufre procesado mensual se obtiene un promedio para cada planta como el total por complejo, este dato sirve para obtener la reducción de emisiones: promedio de azufre procesado * 365 (98.5 - 90% o 93%).

Finalmente conocemos los beneficios a largo plazo que es el producto de la emisiones que se reducen con el costo por tonelada.

Con los costos que se tienen de corrosión, se obtuvo el costo por toneladas, a partir del cociente de los costos totales de corrosión y la suma total de emisiones.

3.2.4. BENEFICIOS EN CULTIVO

Para calcular las concentraciones a largo plazo también se consideran los datos históricos de 1994 y 1995 como de simulación. Pero se toma el promedio de azufre procesado en el promedio y éste se multiplica por (1-

¹¹⁹ Dato proporcionado por Pemex que corresponde a las reclamaciones por corrosión de los poblados más cercanos.

.985)¹²⁰ así obteniendo la reducción de emisiones, para calcular su concentración que le corresponde se utilizan datos de simulación de acuerdo al procedimiento mencionado en beneficios en cultivo a corto plazo, dato que se aplica a las fórmulas ya mencionadas anteriormente.

También se utiliza el volumen, valor y superficie, de la producción de los principales productos agrícolas cosechados en los municipios de los estados donde se encuentran ubicadas las plantas de recuperación de azufre de Pemex Gas y Petroquímica Básica. (ver cuadros 22-26)

Al aplicar el área de territorio afectado y el factor de cambio en concentraciones, a los datos de volumen, valor y superficie de la producción, los resultados obtenidos en el largo plazo fueron los siguientes:

Complejo Procesador de Gas	Municipio	Valor de la Producción Agrícola (1996)
Ciudad Pemex	Macuspana, Tab.	56,229
Nuevo Pemex	Reforma, Chis.	596,737
Cactus	Reforma, Chis.	60,682,420
Poza Rica	Poza Rica, Ver. Coatzintla, Ver.	
Matapionche	Cotaxtla, Ver.	16,240
	Atzalán, Ver.	83,868
Total		\$61,435,489

¹²⁰ el 98.5 corresponde a la eficiencia que se espera a largo plazo.

CUADRO 22
NUEVO PEMEX
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 LARGO PLAZO
 MUNICIPIO DE LA REFORMA CHIAPAS
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	4,697	1.67	568	1019.97	60.09	100.485
Frijol	476	4.05	568	103.45	6.09	24.705
Arroz	127	5.37	568	27.54	1.62	8.721
Café	975	26.87	568	211.67	12.47	335.128
Cacao	406	9.41	568	88.13	5.19	48.837
Plátano	6,547	0.94	568	1421.45	83.75	78.770
Hule	2	3.36	568	0.47	0.03	0.092
100						597

FUENTE:
 Anuario Estadístico del Estado de Chiapas, INEGI Edición 1996.

CUADRO 23
CIUDAD PEMEX
BENEFICIOS EN CULTIVO
LARGO PLAZO
MUNICIPIO DE MACUSPANA TABASCO
(MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	8,342	1.57	2,067	646	29.81	46.84
Arroz	72	1.08	2,067	6	0.26	0.28
Frijol	93	5.00	2,067	7	0.33	1.66
Chile verde	23	2.12	2,067	2	0.08	0.17
Sandía	150	1.81	2,067	12	0.54	0.97
Naranja	362	1.20	2,067	28	1.29	1.55
Limón	83	1.31	2,067	6	0.30	0.39
Piña	32	0.57	2,067	2	0.11	0.06
Mango	60	2.08	2,067	5	0.21	0.45
Toronja	250	0.54	2,067	19	0.89	0.49
Caña de azúcar	36	0.15	2,067	3	0.13	0.02
Hule hevea	639	1.47	2,067	49	2.28	3.35
100						56.23

Fuente:
Anuario Estadístico del Estado de Tabasco, INEGI, Edición 1995.

CUADRO 24
CACTUS
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 LARGO PLAZO
 MUNICIPIO DE LA REFORMA CHIAPAS
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	5,846	1.67	568	556	618.74	1,034.65
Frijol	1,437	4.05	568	137	152.12	616.59
Arroz	507	5.37	568	48	53.70	288.62
Café	19,497	26.87	568	1,855	2,063.55	55,455.96
Cacao	2,841	9.41	568	270	300.71	2,828.49
Plátano	4,583	0.94	568	436	485.03	456.21
Hule	5	3.36	568	1	0.57	1.91
100						60,682.42

FUENTE:

Anuario Estadístico del Estado de Chiapas, INEGI Edición 1996.

CUADRO 25
MATAPIONCHE
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 LARGO PLAZO
 MUNICIPIO DE COTAXTLA VERACRUZ
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	11,068	1.60	491	51	7.72	12.35
Frijol	42	3.81	491	0	0.03	0.11
Sandia	45	1.07	491	0	0.03	0.03
Mango	7,982	0.67	491	36	5.57	3.74
100						16.24

FUENTE:

Anuario Estadístico del Estado de Veracruz, INEGI Edición 1996.

CUADRO 26
MATAPIONCHE
 BENEFICIOS EN CULTIVO
 LARGO PLAZO
 MUNICIPIO DE ATZALAN VERACRUZ
 (MILES DE PESOS)

PRODUCTO	VOLUMEN (TON.)	PRECIO UNIT.1996	SUP. TOTAL COSE. (HECTAREAS)	VOL. PROD. AFECT. (TON.)	RESULTADO/TON CON FORMULA	BENEFICIO
Maiz	11,185	1.37	464	54	8.26	11.34
Frijol	24	5.37	464	0	0.02	0.10
Naranja	52,010	0.51	464	252	38.39	19.60
Caña de Azú	1,800	0.16	464	9	1.33	0.21
Café	24,635	2.42	464	119	18.18	43.98
Plátano	24,900	0.47	464	120	18.38	8.64
100						83.87

FUENTE:

Anuario Estadístico del Estado de Veracruz, INEGI Edición 1996.

3.2.5. BENEFICIOS POR LA VENTA DE AZUFRE

El azufre que se procesa en todos los complejos es de 777,799 ton/año. De este con eficiencia de 98.5% se espera producir 766,131ton/año y se emiten a la atmósfera 11,668 ton/año; lo que se recupera con la eficiencia del 93% y 90% es de 722,420 ton/año, por lo tanto lo que se recupera de azufre a largo plazo se ubica en 43,712 ton/año a un precio de \$445.39 por ton. y los beneficios ascienden a \$19,468,795.00 (ver cuadro 27). Y a estos beneficios se les aplica el valor presente neto a 20 años (ver cuadro 15)

CUADRO 27
BENEFICIOS A LARGO PLAZO
PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

CENTROS PETROQUIMICOS	PROMEDIO DE AZUFRE PROCESADO ANUAL ENE. 94 A MAYO 96 TON/AÑO	EFICIENCIA DE AZUFRE PRODUCIDO (%)	PROMEDIO DE AZUFRE PRODUCIDO ANUAL TON/AÑO	EFICIENCIA SEGUN LA NORMA (%)	PROMEDIO DE AZUFRE PRODUCIDO ANUAL DE ACUERDO A LA NORMA. TON/AÑO	BENEFICIOS (TON/AÑO)	BENEFICIOS (\$/AÑO)
CACTUS							
PLANTA 7	42,998	93	39 988	98.5	42,353	2,365	1,053,299
PLANTA 9	35,244	93	32,777	98.5	34,715	1,938	863 353
PLANTA 10	34,052	93	31,668	98.5	33,541	1,873	834 150
PLANTA 11	38,023	93	35,362	98.5	37,453	2,091	931,431
PLANTA 12	31,952	93	29,716	98.5	31,473	1,757	782,722
PLANTA 3*	36,454		33,902		35,907	2,005	892,991
PLANTA 4*	36,454		33 902		35,907	2,005	892,991
PLANTA 8*	36,454		33,902		35,907	2,005	892,991
TOTAL	291,631		271,217		287,257	16,040	7,143,928
CD. PEMEX							
PLANTA 1	91,687	93	85,269	98.5	90,312	5,043	2,246,003
PLANTA 2	116,074	93	107,948	98.5	114 332	6,384	2 843 390
TOTAL	207,760		193,217		204,644	11,427	5,089,392
NVO. PEMEX							
PLANTA 1	126,704	93	117,834	98.5	124,803	6,969	3,103,786
PLANTA 2	120,608	93	112 165	98.5	118,799	6,633	2,954 465
TOTAL	247,311		230,000		243,602	13,602	6,058,251
MATAPIONCHE							
PLANTA 1	6,443	90	5 799	98.5	6,347	548	243,928
PLANTA 2	8,870	90	7,983	98.5	8,737	754	335 802
TOTAL	15,313		13,782		15,084	1,302	579,731
POZA RICA							
PLANTA 1	15,782	90	14 204	98.5	15,546	1,342	597,492
TOTAL	15,782		14,204		15,546	1,342	46,874
TOTAL	777,799		722 420		766 131	43 712	19 468 795

*Para las plantas 3, 4 y 8 se considero un promedio de los beneficios anuales de las restantes 5 plantas.

4. RELACIÓN BENEFICIO-COSTO

Finalmente aquí es donde se comparan los costos y beneficios para saber que tan viable nos resulta la decisión de aplicar la norma para establecer el nivel máximo de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre en los 5 complejos procesadores de gas de Cactus, Nuevo Pemex, Ciudad Pemex, Matapionche y Poza Rica pertenecientes a Pemex Gas y Petroquímica Básica. Si la relación es mayor a 1 se recomienda la inversión, si es menor a 1 la inversión no es recomendable.

4.1. CORTO PLAZO

Una vez que ya ubicamos los costos de las acciones a aplicar en todos los complejos procesadores de gas y que se ubicaron los beneficios que trae tal inversión expresados monetariamente, los beneficios se dividen entre los costos, resultando la relación de 3.22 por cada peso de inversión, por lo tanto la inversión se considera viable (ver cuadro 28).

4.2. LARGO PLAZO

A largo plazo también se realiza la misma operación: ya que se ubicaron los beneficios y los costos se dividen los beneficios y los costos dando una relación de 0.4966 no resultando viable la inversión. Aunque existen beneficios que no se pueden expresar monetariamente a largo plazo como: la visibilidad atmosférica, el aumento en las expectativas de vida (ver cuadro 29) lo cual podría ser causa o razón suficiente para justificar el proyecto.

CUADRO 28
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
CORTO PLAZO

PERIODO (1997-2000)

PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

CONCEPTO	VALOR
BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES:	17,071,981
VENTA DE AZUFRE	17,071,981
BENEFICIOS PUBLICOS CUANTIFICABLES:	135,197,295
SALUD NIÑOS	14,743
SALUD POBLACION EN GENERAL	1,556,098
CORROSION EVITADA	8,852,130
CULTIVOS	124,774,324
BENEFICIOS TOTALES	152,269,276
COSTOS PRIVADOS CUANTIFICABLES	47,092,930
BENEFICIOS NETOS POTENCIALES	105,176,346
RELACION BENEFICIO/COSTO	3.23

CUADRO 29
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
ACCIONES A LARGO PLAZO
PESOS CORRIENTES DE ENERO DE 1997

CONCEPTO	VALOR
BENEFICIOS	429,197,511
COSTOS	864,266,142
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO	0.4966

CONCLUSIONES

Siendo la industria procesadora de gas uno de los sectores donde se generan los contaminantes que afectan al medio ambiente y ubicando a los complejos procesadores de gas que pertenecen a Pemex Gas y Petroquímica Básica de Cactus (Chiapas), Matapionche (Veracruz), Poza Rica (Veracruz), Nuevo Pemex (Tabasco) y Ciudad Pemex (Chiapas) como principales generadores de bióxido de azufre (SO₂) y de acuerdo a las exigencias que se dan a nivel internacional y nacional a través de la LGEEPA se norma este contaminante a través de la modernización del equipo donde se endulza el gas ácido por combustión, proceso en el que se genera el bióxido de azufre logrando así que su emisión disminuya y se incremente la producción de azufre procesado.

Para el corto plazo (3 años) se mejora la eficiencia de 83.93% a 93% para Nuevo Pemex, Ciudad Pemex y Cactus; y de 85.89 a 90% para Poza Rica y Matapionche.

El 83.93% y 85.89 corresponde a la eficiencia actual en que operan éstos complejos los cuales se obtuvieron el día del monitoreo; el 93% y 90% son metas a las cuales pretende llegar PEMEX para no rebasar la norma; a la vez corresponden a la cantidad de azufre producido que se recupera durante el proceso de endulzamiento de gas ácido.

Significa como ya se señaló, que de cada 100 Ton/día de azufre procesado, se reducen las emisiones de SO₂ de 16.07 Ton/día a 7 Ton/día y de 14.11 Ton/día a 10 Ton/día respectivamente.

Tales metas se logran con medidas que permiten reducir la emisión de SO₂ y consisten en sustituir equipo obsoleto por uno más innovador.

Para el largo plazo (20 años) la eficiencia es del 98.5% para los 5 complejos procesadores de gas, mediante la instalación del proceso Lurgi Sulfreeen por planta en los 5 CPG que mejora la recuperación de azufre y así disminuye la emisión de bióxido de azufre.

Lo anterior significa que de cada 100 Ton/día de azufre procesado, se reducen las emisiones de SO₂ de 3.5 Ton/día a 1.5 Ton/día.

El bióxido de azufre se norma a un nivel de 0.13 ppm (partes por millón) o 341 mg/m³ (microgramos por metro cúbico) en 24 horas, con una frecuencia máxima de 1 vez al año, según valores fijados a nivel internacional como Estados Unidos y se aplica en la industria petroquímica durante el proceso de endulzamiento de gas ácido, en el que se genera este contaminante.

El análisis costo-beneficio es un método que se deriva de la economía del bienestar y que significa que todos deben de ganar o por lo menos no perder, además de ser un método que permite tomar decisiones en proyectos económicos y financieros ya sea públicos o privados, aunque los costos pueden ser identificados más fácilmente que los beneficios o factores externos como la contaminación y de lo que se trata es de identificarlos y de expresarlos monetariamente.

En términos de su aplicación práctica el análisis beneficio-costos tuvo su origen en Estados Unidos en 1936; con el propósito de justificar proyectos para controlar las inundaciones, independientemente de a quien se dirigieran los beneficios. Este se inicia con proyectos hidráulicos financiados de recursos públicos, siendo los beneficios canalizados tanto a sectores públicos como privados, lo que exige una evaluación económica. Esa evaluación es el análisis beneficio-costos donde los beneficios que se esperan de la implantación del proyecto deben exceder los costos previstos.

Los costos y beneficios son estimados en términos cuantitativos, y valorados a sus precios eficientes (o de acuerdo con las mejores estimaciones de los mismos), reducidas a su valor actual aplicando la tasa de descuento social y comparadas. Según el criterio de valor actual máximo, una alternativa es aceptable si el valor actual de sus beneficios excede el valor actual de los costos o si su razón de beneficio-costos es igual o mayor a 1.0. La razón se obtiene del valor actual de los beneficios dividido entre el valor actual de los costos B/C. Donde se concluye que un buen proyecto es aquel que agotando su presupuesto de inversión, tiene la razón más alta de beneficios y costos totales.

Este método ya aplicado permite conocer el rendimiento de una inversión, en proyectos financieros y económico-social, también conocidos como privados y públicos, siendo su diferencia el origen de los recursos, el destino de los beneficios y el período de la recuperación de la inversión; para el caso de un proyecto de inversión privado o financiero el origen de los recursos proviene de inversionistas particulares siendo los beneficios para ellos mismos y la recuperación de la inversión se realiza en un periodo corto; su diferencia con un proyecto de inversión público o económico-social, es que el origen de los recursos son del estado, el destino de los beneficios son para la sociedad en su conjunto y la recuperación de la inversión se realiza en un periodo largo.

En el **CASO PRACTICO** se elabora el análisis beneficio-costos del anteproyecto de norma en cada uno de los complejos procesadores de gas (CPG) donde se proponen medidas en el corto y largo plazo. En el primero se considera el periodo (1997-2000) y en el segundo (2000-2020), para mejorar la eficiencia de producción de azufre del total de azufre procesado y disminuir la emisión de dióxido de azufre a la atmósfera para no rebasar el límite máximo permitido del contaminante de 0.13 ppm (partes por millón) o 341 mg/m³ (microgramos por metro cúbico) de acuerdo a la norma.

Las medidas que se proponen en el corto plazo incrementan la eficiencia de la producción de azufre en cada planta de los complejos procesadores de gas en Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex en un 93% y para Matapionche y Poza Rica en 90%; a largo plazo la eficiencia propuesta es del 98.5% para cada planta de los 5 complejos procesadores de gas. Estas medidas consisten en instalar determinado equipo durante el proceso de endulzamiento de gas ácido, que mejoran la eficiencia de producción de azufre y disminuye la emisión de dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera.

En el largo plazo se proponen varios procesos que se deben instalar en las plantas recuperadoras de azufre de cada complejo procesador de gas, e incrementan la producción de azufre de un 99.0% a un 99.9% y disminuyen la emisión de dióxido de azufre a la atmósfera.

Los beneficios expresados en términos monetarios son en salud, cultivo, corrosión y por la venta de azufre, a la vez que éstos permiten justificar el proyecto, para así tomar una decisión de inversión considerando que los beneficios deben ser mayores a los costos y la relación de beneficio-costos

debe ser mayor a 1; aunque en proyectos de tipo ambiental hay beneficios que no se pueden expresar monetariamente pero que sí deben de mencionarse sobre todo cuando la relación beneficio-costos es menor a 1.

Finalmente la relación beneficio-costos compara los costos y beneficios para saber que tan viable nos resulta la decisión de aplicar la norma para establecer el nivel máximo de emisión a la atmósfera de dióxido de azufre en los 5 complejos procesadores de gas de Cactus, Nuevo Pemex, Ciudad Pemex, Matapionche y Poza Rica pertenecientes a Pemex Gas y Petroquímica Básica. Si la relación es mayor a 1 se recomienda la inversión, si es menor a 1 la inversión no es recomendable.

Por los efectos que provoca este contaminante a la población de las localidades más cercanas a estos complejos, se miden los daños ocasionados en salud, cultivo y corrosión mas cercanos a estos complejos identificando de esta forma los beneficios.

Para saber si las medidas propuestas a corto plazo (1997-2000) y a largo plazo (2000-2020) son viables se evalúan con el método beneficio-costos quien de acuerdo a los resultados en el corto plazo nos resulta una viabilidad de 3.22 pesos por cada peso que se invierte y a largo plazo de 0.4966 por cada peso invertido por lo tanto a largo plazo la inversión no es rentable desde el punto de vista monetario pero es importante destacar que a largo plazo se puede justificar el proyecto dado que hay beneficios que no se pueden expresar tan fácilmente como una mejor visibilidad atmosférica, el mejoramiento en las expectativas de vida de toda la población, por ser un contaminante que se dispersa a cientos de kilómetros no se pueden expresar monetariamente todos los beneficios en salud, cultivo y corrosión y del medio ambiente en su conjunto; otra de las razones por las cuales el proyecto a largo plazo no se puede justificar es el elevado costo de adquisición de la tecnología como lo que implica para su puesta en marcha.

RECOMENDACIONES

Una norma va a funcionar si se cumplen los objetivos de ésta y en el actual caso lo que interesa es que disminuya la contaminación de dióxido de azufre a la atmósfera, por lo tanto una de las recomendaciones es que no se violen las

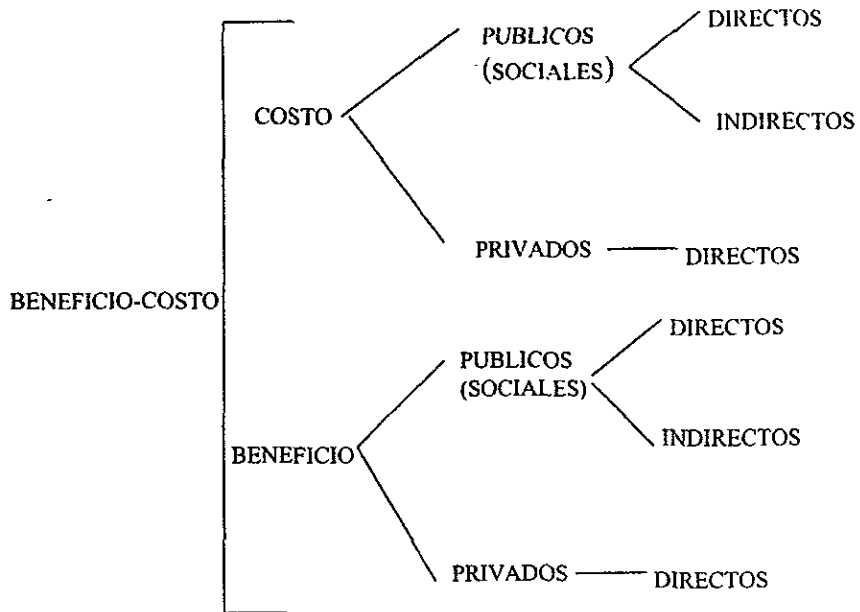
leyes que tienen como propósito ser aplicadas en aquellos sectores contaminadores como es el caso actual.

Que cada uno de los Complejos Procesadores de Gas se sujeten a lo que dicta la Ley y se comprometan a llevar a cabo cada una de las medidas de modernización para disminuir la emisión de bióxido de azufre a la atmósfera e incrementar la producción de azufre.

Que las autoridades vigilen estrictamente si es real que las emisiones de bióxido de azufre disminuyen en cada uno de los complejos.

ANEXO 1

DIAGRAMA DE BENEFICIO-COSTO



ANEXO 2

FORMULAS UTILIZADAS EN EL CASO PRACTICO

$$\text{VALOR PRESENTE} = - A [(1+i)^n - 1 / i (1+i)^n]$$

A = capital

i = tasa de interés

n = número de años

$$\text{RELACIÓN BENEFICIO-COSTO} = \text{BENEFICIO} / \text{COSTO}$$

$$Y = 0.74 (\text{SO}_2) - 0.55 (\text{SO}_2)^2$$

$$Y = -0.69 (\text{SO}_2) + 9.35$$

$$\text{CAMBIO EN CONCENTRACIONES} = \text{EMISIONES EN SIMULACIÓN} * \\ \text{CONCENTRACIONES EN SIMULACIÓN} / \text{EMISIONES EN SIMULACIÓN}$$

$$\text{AZUFRE PROCESADO} = \text{AZUFRE PRODUCIDO} + \text{EMISIÓN DE BIÓXIDO DE AZUFRE}$$

$$\text{EMISIÓN DE BIÓXIDO DE AZUFRE} \approx \text{AZUFRE PROCESADO} - \text{AZUFRE PRODUCIDO}$$



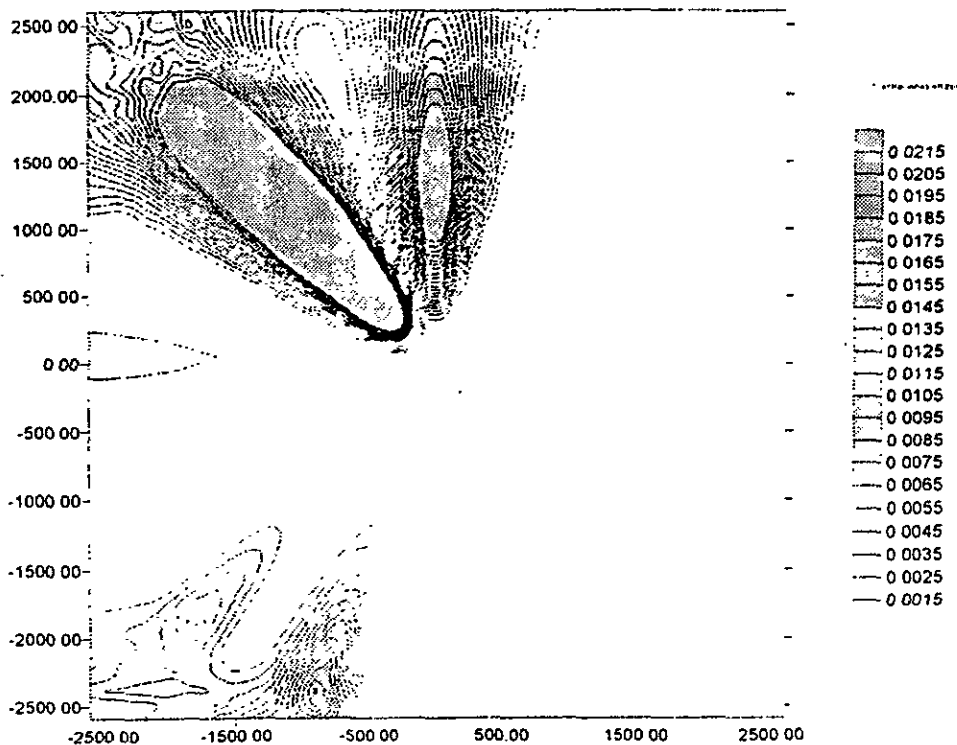
PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA

AUDITORIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION
AMBIENTAL



FIGURA 2

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN DE SO_2 PARA EL CPG MATAPIONCHE.
SIMULACIÓN DEL 17 DE AGOSTO DE 1995.



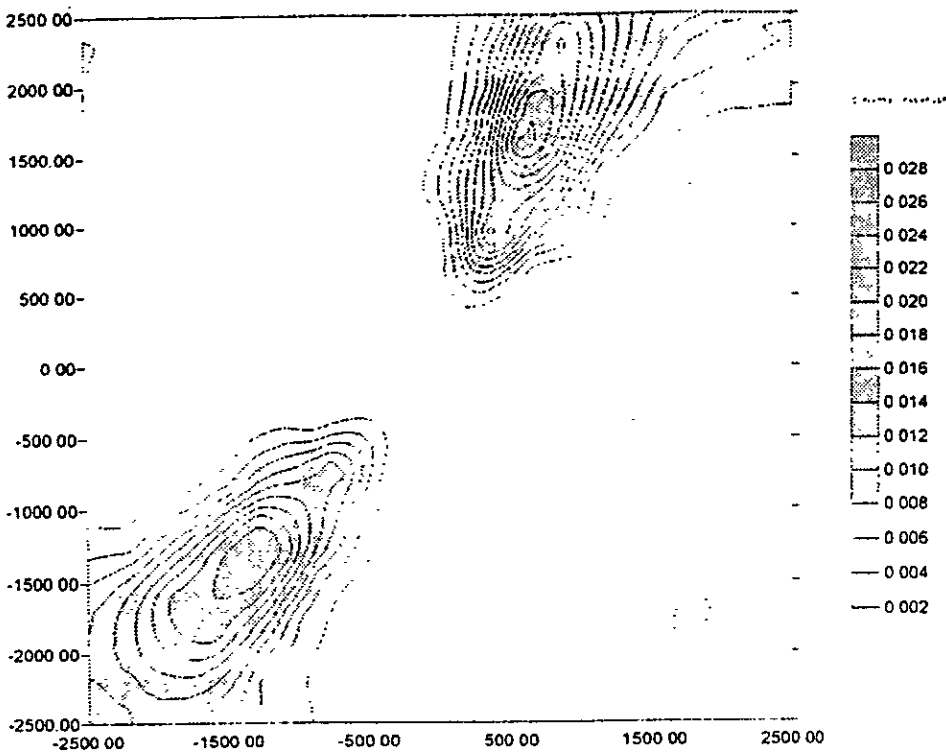


PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA

AUDITORIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AMBIENTAL



FIGURA 3
CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN DE SO₂ PARA EL CPG POZA RICA.
SIMULACIÓN DEL 31 DE AGOSTO DE 1995.





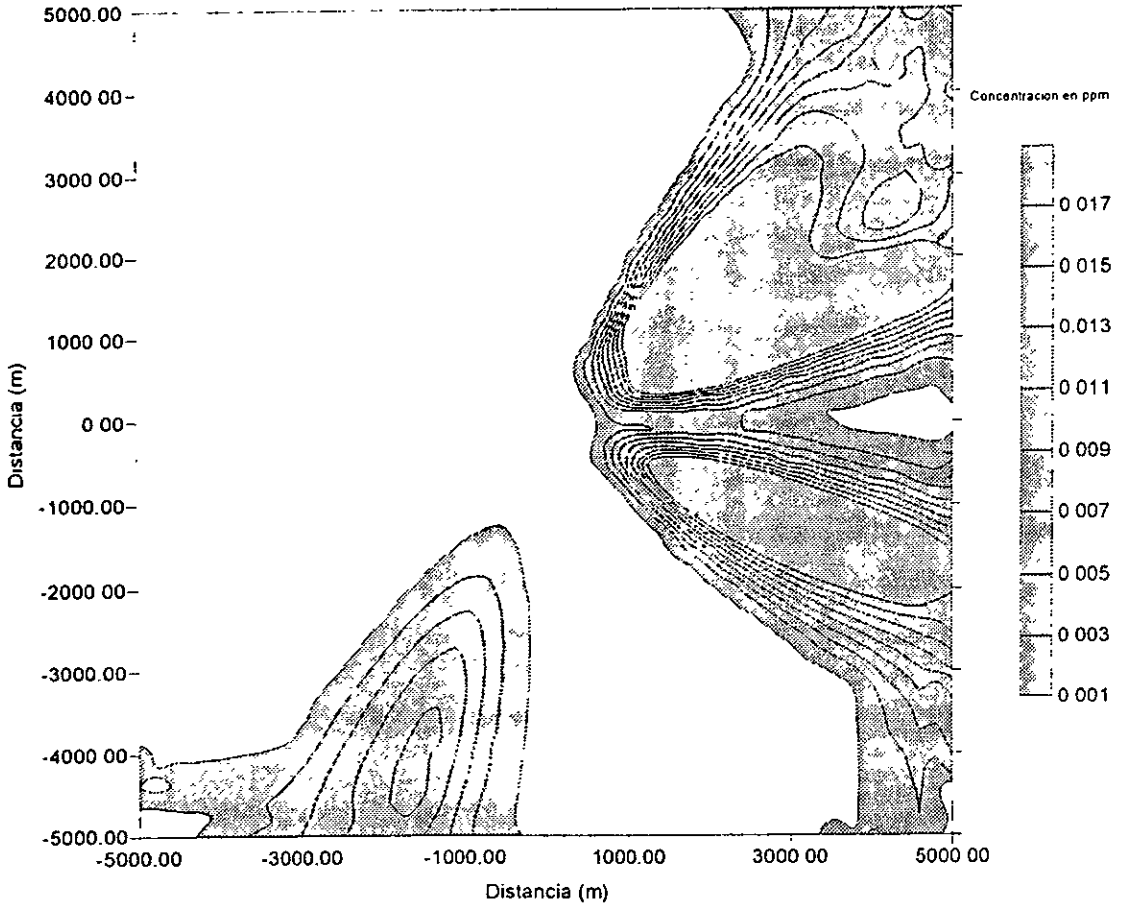
PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA

AUDITORIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION
AMBIENTAL



FIGURA 4

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN DE SO₂ PARA EL CPG CIUDAD PEMEX.
SIMULACIÓN DEL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1996.



BIBLIOGRAFIA

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-006/88, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México 14-XII-88 pp. 8-9.

Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-007/88, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México 18-X-88. pp. 13-15.

Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-001/88, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México 6-VI-88 pp.34-36.

Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-005/88, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México 18-X-88. pp. 17-18.

Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-008/88, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México 19-X-88. pp. 23-25.

Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-012/88, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México 14-XII-88. pp. 19-20.

Norma Oficial Mexicana Nom-085 Ecol-1994, 2 de Dic. De 1994.

Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte entre el Gobierno de E.U., México y Cánada. México 21 de Dic. De 1993. Pág. 2-36.

TEXTOS OFICIALES

Normas Técnicas Ecológicas...Máximos permisibles de emisión de contaminante a la atmósfera y criterios ecológicos de calidad del aire tomo III.

Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, Subsecretaría de Ecología, México 1989. S/N.

Memoria del cursillo de actualización sobre técnicas, equipos, procedimiento de muestreo y análisis de información para la cuantificación de contaminantes atmosféricos.

Subsecretaría de Ecología, México 1983. 153 p.

Guía Piloto para la evaluación costo beneficio de los anteproyectos de Normas oficiales Mexicanas ; Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Normatividad Ambiental.

Guía Piloto para la Evaluación Costo Beneficio de los anteproyectos de Normas Oficiales Mexicanas ; Elaborado por el grupo de trabajo de la comisión Nacional de Normatividad.

Evaluación del Impacto en el ambiente y la salud de proyectos de desarrollo. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Mundial de la Salud, Metepec, Edo. De México, 1990.

Carabias, Julia. "Las Políticas de Producción Agrícola, la Cuestión Alimentaria y el Medio Ambiente y el Desarrollo en México, Vol. I, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, 1990.

Guía Metodología para aplicar en el procedimiento de impacto ambiental la relación costo-beneficio ; EPAC, Consultores, S.C.

Ing. Manuel Murad Robles

Ing. Rogelio González García

Biol. Marco Antonio Pérez Pasten

Valuación Económica de los Beneficios de reducir la contaminación del aire en la ciudad. de México ; Instituto Nacional de Salud Pública, Noviembre, 1995 ; Coordinador : Dr. Mauricio Hernández Avila.

Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001; Gobierno del Estado de Jalisco, SEMARNAP, Secretaría de Salud.

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000; DDF, SEMARNAP, Secretaria de Salud; Marzo 1996.

Leff. Enrique (Coordinador). Medio Ambiente y Desarrollo en México. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, México, 1990.

Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud, Carlos Santos Burgoa Director de la Escuela de Salud Pública de México y Leonora Rojas Bracho Investigadora de la Escuela de Salud Pública en México

REVISTAS

Revista Latinoamericana de Economía ; En Problemas del Desarrollo Oct.-Dic. 1992, Vol. XXIII.

Benítez B. Luis. "La Patología ambiental. Contaminación, Termodinámica y Salud," en : Ciencia y Desarrollo, núm. 93 Julio-Agosto 1990.

Elio Lendero, "Los Fundamentos del Análisis Costo Beneficio y su reflejo en la principales versiones operativas"; Trimestre Económico No. 229

Peña Alvarez, Orlando. "Conceptos y Métodos para una evaluación geográfica de los Impactos medio-ambientales", Revista Geográfica, Instituto Panamericano de Geografía, núm. 108, Enero-Junio 1986. México.

Cactus Complejo Petroquímico, Subdirección de Transformación Industrial de Petróleos Mexicanos, 1986.

Matapionche Complejo Petroquímico, Subdirección de Transformación Industrial de Petróleos Mexicanos, 1986.

Complejo Petroquímico de Ciudad Pemex; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1986.

Complejo Petroquímico de Nuevo Pemex; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1989.

Complejo Petroquímico de Poza Rica; Subdirección de Transformación Industrial Petróleos Mexicanos 1989.

Actualidades Tecnológicas, Boletín Monitec, Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Subdirección de Producción, de Pemex Refinación; Vol. 2, Num. 12, Marzo, 1996.

LIBROS

Desarrollo y Medio Ambiente en México 1991 - Diagnóstico 1990, Ed. Fundaciones Friedrich Ebert. Y Universo Veintiuno, 1991.

Azqueta Oyarzum Diego, Valoración Económica de la Calidad Ambiental ; Editorial McGraw- Hill.

Blanca Torres. "El Medio Ambiente en la Relación Bilateral México-Estados Unidos" en Gustavo Cánovas (coord.). Liberalización Económica y Libre Comercio en América del Norte: Consideraciones Políticas, Sociales y Culturales. El Colegio de México, México, 1993.

Ch. E. Ferguson y J.P. Gould, Teoría Microeconómica, México 1985, FCE pag. 15.

Harol G. Paskall and John A. Sames, Sulphur Recovery, Bover Western Research.

Hyman P. Minsky, Las Razones de Keynes, FCE. México 1987

Kenneth Wark, Cecil F. Warner; Contaminación del Aire; Limusa Noriega Editores 1994.

Lekachman Robert, Teoría General de Keynes, Informes de tres décadas, compilados, FCE. México 1967

Marshall Alfredo, Obras Escogidas, México 1949, FCE.

Morales Aragón Eliezer, Dávila Pérez Consuelo, La Nueva Relación de México con América del Norte, México 1994, editorial UNAM.

Pearce, David W. Economía Ambiental. FCE, México 1985.

Prebisch Raul, Introducción a Keynes, FCE. México 1956

Phillis Deane y Jessica Kuper, Vocabulario Básico de Economía, Editorial Crítica, S. A. Barcelona 1992 pag. 25-28

Quadri Sánchez, La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica; Limusa Noriega Editores.

Randall Alan, Economía de los Recursos Naturales y Política Ambiental, Editorial Limusa, 1985, pág. 242-249

SEDUE, Plan Ambiental Integral Fronterizo, México, Febrero de 1992.

SECOFI, Tratado de Libre Comercio de América del Norte, Texto Oficial, Editorial Porrúa, México, 1993.

SECOFI. Tratado de Libre Comercio de América del Norte, tomo I México, 1992.

W. Baumol y W. Oates, La Teoría de la Política Económica del Medio Ambiente, Barcelona, Antoni Bosch, editor, S.A. 1982.

Externe Externalities of Energy, Vol. 2: Methodology Prepared by ETSU, UK, and Metroeconomica, 1995 EUR 16521.

Chile, Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues. December, 19, 1994. Environment and Urban Development División Country Department I; Latin American and the Caribbean Region.

Gran enciclopedia del mundo duran, S.A. de ediciones bilbao, editorial Marin S.A. 1961 pág. 26-32.

INTERNET

Dardón Bravo Emilio, Programa de Derecho Ambiental, tomado de internet el 8 de Dic. de 1997 en la dirección <http://rtn.net.mx/ambiental/>

“Misiva Jurídica Ambiental” tomado de internet en <http://rolac.unep.mx/deramb/esp/misiva/mjamb01e.htm>

“Derecho Ambiental” tomado de internet http://rolac.unep.mx/deramb/esp/deramb_e.htm

Medio Ambiente y Desarrollo tomado de internet
<http://serpiente.dgsca.unam.mx/cinu/dp4.htm> págs. 1-3

"Derecho Ambiental" tomado de internet
http://rolac.unep.mx/deramb/esp/deramb_e.htm

CONFERENCIAS

González Márquez José Juan, La Gestión Ambiental en México, En Conferencias sobre Legislación Ambiental UAM Azcapotzalco, 1995 pág. 7

Legislación Ambiental en Fuentes Fijas, Ciclo de Conferencias de Gesca de la UAM-Azcapotzalco. Marzo, 1995.

La Legislación Ambiental en Fuentes Fijas, elaborado por el Ciclo de Conferencias de GESCA de la UAM-Azcapotzalco. Marzo, 1995.

González Guadalupe De la Luz, Normatividad Ambiental para Fuentes Móviles, en Conferencias sobre Legislación Ambiental, México 1995, UAM Azcapotzalco.

Ing. López Flores Miguel Angel, La salud Ocupacional en México, en Conferencias Sobre Legislación Ambiental, México 1995, UAM Azcapotzalco. Pág. 15

LEYES

Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente, Editorial Porrúa, México 1994.

FOLLETOS

SECOFI, Secretaría de Normatividad y Servicios a la Industria y al Comercio Exterior, 1997.

SECOFI, Dirección General de Normas.