

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ECONOMÍA

51

MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA, POR MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (2000-2020). UN ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN ECONOMÍA

Presentan:
YESSICA GUTIÉRREZ MARTÍNEZ
CELIA GONZÁLEZ OTAMENDI



ASESOR UNAM.
Dr. AMÉRICO SALDÍVAR VALDÉS

ASESOR IMP.
Dr. ADRIÁN BARRERA ROLDÁN.

MÉXICO, D.F. ABRIL DEL 2001.

29/257



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.

DEDICATORIAS

YESSICA

A MI ABUELA (†)
PAULA LASCAHUE

Gracias por tu amor y tu forma de enseñarme a vivir la vida, porque gracias a tus enseñanzas y atenciones, lograste hacer de mí, una persona de gran fortaleza, aunque estés muy lejos de mí, siempre estarás muy cerca de mi corazón.

TERRY (†)

Gracias por haber compartido ese tiempo maravilloso, que fugazmente se esfumo y, por ser mi fiel compañero.

A MIS PADRES
VICTORIA

Gracias por haberme dado la oportunidad de existir y, por ser mi fiel compañera, porque gracias a tus enseñanzas y consejos, me has infundado bases, para ser una persona independiente, siempre serás la persona más importante de mi vida.

RENÉ

Te agradezco mi existir y por la fortaleza, que me infundaste ante la vida.

A MI TÍO
GABRIEL

Siempre estaré agradecida infinitamente, por tu dedicación, entrega y apoyo, y por ese cariño sincero, que siempre has demostrado.

*A ALGUIEN MUY ESPECIAL
ADRIÁN*

Quiero agradecerte, primeramente tu entrega hacia mí, todo ese amor que a diario me brindas y, la protección que me inspiras al permanecer junto a mí, la vida nos unió y nosotros caminamos por el mismo sendero, sin ninguna barrera, soñando y viviendo para realizar esos sueños juntos, gracias por cruzarte en mi camino y haberte detenido, para que juntos compartamos todo lo que a diario enfrentemos.

*A MIS HERMANOS
RENÉ, NORMA, ALMA, VICTOR, ANA Y DULCE*

Les agradezco hoy y siempre, la unión que siempre nos ha caracterizado, esa fortaleza, brillantez y amor que juntos hemos compartido.

A RENÉ

Admiro esa fortaleza que siempre demuestras ante todo y, esas pruebas que la vida te ha dado y que has logrado superar, me enorgullece ser tu hermana y poder compartir juntos, esos momentos felices o tristes que la vida nos obsequia.

A VICTOR

Te agradezco el amor, tu dedicación y la preocupación que siempre demostraste, por querer hacer de mí una persona especial, y me enorgullece que te sientas satisfecho, con lo que has logrado hacer de mí y, por ese magnífico ejemplo que merece mi respeto.

A ALEJANDRO

Gracias por todo ese apoyo, que siempre me has demostrado en cualquier circunstancia de mi vida y, por ser una persona muy especial.

A MIS SOBRINOS

OSCAR, EDUARDO, RENÉ, HUGO, ANGEL, FERNANDO Y LILIAN

Les agradezco ese amor que me obsequian día a día y, por hacerme la tía más feliz del mundo, compartiendo juntos cada instante de su vida, y siempre fieles escuchando mis consejos. Gracias le doy a la vida, por permitir observar esas caritas tristes y alegres y, poder brindarles mi apoyo en cualquier circunstancia, gracias por estar siempre a mi lado.

A MIS AMIGOS

SANDRA, CELIA Y MARCO ANTONIO

Por compartir una verdadera amistad, y por ese apoyo que demostramos ante cualquier circunstancia que se nos presente, esperando que esta unión que hemos logrado formar, dure para toda la vida.

A CELIA

Le agradezco su sincera amistad y el magnífico equipo de trabajo, que juntas hemos logrado construir, culminando con este primer trabajo de Tesis y, nuestro empeño por seguir en la vida académica, para futuras satisfacciones en nuestro largo camino profesional.

A OCTAVIO

Por esos momentos inolvidables, que juntos pasamos y, por tus acertados comentarios, que hicieron de mí, un mejor ser humano, gracias por todos los recuerdos que dejaste en mi vida.

A FRANCISCO PACANINS

Por esa gran amistad que hemos logrado, y por hacer de cada conversación, algo muy especial y mágico.

A PAUL

Por tu amistad sincera e incondicional y, por todos los momentos agradables que hemos compartido.

DEDICATORIAS

CELIA

A MIS PADRES
LUZ OLGA Y JOSÉ

Siempre estaré en deuda con ustedes, porque no encontraré jamás la manera de pagarles, por la oportunidad que me dieron de nacer, crecer y desarrollarme, en el seno de la familia, que ustedes formaron.

Mi eterno agradecimiento, por el apoyo incondicional que me brindan, para que realice los proyectos, más importantes de mi vida.

A MIS HERMANOS
JOSÉ DAVID Y AGUSTÍN

Por su comprensión y por estar cerca de mí.

A MI PRIMO
MARTÍN

Quiero agradecer el apoyo e interés que mostró, en la traducción de artículos, referentes al análisis costo-beneficio.

A MI FAMILIA
TÍOS, PRIMOS Y A MI ABUELITA JUANA

Gracias por compartir conmigo, momentos inolvidables.

A MIS AMIGAS
YESSICA Y SANDRA

Por su amistad, compañerismo y, por sus risas.

A LA UNAM

A nuestra Máxima Casa de Estudios, por permitirme ser universitaria y, por hacer realidad, el sueño de concluir mis estudios de nivel superior.

Me brindó, su apoyo académico y económico, por lo cual, le agradezco, su compromiso incansable, como formadora de profesionales.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Le agradecemos haber tenido esa magnífica oportunidad, de pertenecer al Campus y hacer de sus estudiantes, mejores personas y profesionales, teniendo bases académicas sólidas y, seguir por ese camino de la superación profesional.

AL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Le agradecemos por la oportunidad que nos brinda, para hacer de nosotros los universitarios, gente de experiencia, y nos motiva a seguir por el loable camino, de la superación profesional.

AL Dr. ADRIÁN BARRERA ROLDÁN

Le agradecemos la oportunidad que nos brinda, al participar en proyectos ambientales, en el Instituto Mexicano del Petróleo. Gracias, por ese apoyo incondicional y por la asesoría de nuestra investigación, ya que sus orientaciones, permitieron mejorar el contenido de la tesis presentada. Agradeciendo la oportunidad, de llevar a la práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra estancia académica, en la Facultad de Economía.

AL Dr. AMÉRICO SALDIVAR VÁLDES

Agradecemos el apoyo por asesorar este trabajo, por esos consejos y sugerencias, y por todo ese tiempo de dedicación, para culminar nuestra investigación. Le agradecemos su dedicación, al impartir temas relacionados con el medio ambiente, y por despertar en sus alumnos, un interés por el Desarrollo Sustentable.

AL LIC. HÉCTOR TRINIDAD GARCÍA Y AL LIC. BENJAMÍN AYALA SÁNCHEZ

Por las facilidades del uso de fuentes oficiales y, por el tiempo dedicado para realizar aportaciones, en este estudio de investigación.

A NUESTRO JURADO

Dr. Adrián Barrera, Dr. Américo Saldivar, Mtro. Gustavo Vargas, Lic. Orlando García y Lic. Gastón Sosa, les agradecemos su apoyo incondicional y sus acertados comentarios, que permitieron la culminación de esta investigación.



**MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA, POR
MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, EN LA ZONA
METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (2000-2020). UN ANÁLISIS
COSTO - BENEFICIO.**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	
Introducción.	6
1.1 Principales características físico-geográficas del Valle de México.	6
1.1.1 Características climáticas.	7
1.1.2 Características demográficas.	8
1.2 Calidad del aire.	9
1.2.1 Normas de calidad del aire.	12
1.2.2 Descripción de los contaminantes expuestos en el aire.	14
1.3 Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud.	16
CAPÍTULO 2	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO	
Introducción.	19
2.1 Fundamentos teóricos.	19
2.2 Antecedentes.	30
2.2.1 Bases conceptuales del análisis costo - beneficio.	30
2.3 Reglas de decisión.	32
2.4 Extensión del método costo - beneficio.	32
2.5 Costos.	33
2.6 Análisis costo - beneficio. Costos.	34
2.6.1 Análisis costo - beneficio. Beneficios.	35
2.7 Efectos externos : divergencia entre costos y beneficios. Privados y Públicos.	37



CAPÍTULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES

Introducción.	39
3.1 Combustibles fósiles.	39
3.2 La gasolina.	41
3.3 Evolución de las gasolinas automotrices en México.	42
3.4 Esfuerzo continuo de la industria petrolera y automotriz, para reducir el impacto de las emisiones de los autos.	45
3.5 Nueva calidad de gasolinas en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).	47
3.5.1 Reformulación de gasolinas.	47
3.5.2 Beneficios por utilizar gasolina reformulada.	47
3.5.3 Gasolina Pemex Magna Reformulada (PMR).	48
3.5.4 Gasolina Pemex Premium Reformulada (PPR).	49
3.5.5 El Diesel.	50
3.5.6 Pemex Diesel.	51

CAPÍTULO 4 TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

Introducción.	53
4.1 Datos generales de la Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Oriente Añil.	57
4.1.1 Recepción de productos.	57
4.1.2 Almacenamiento del producto.	58
4.1.3 Distribución del producto.	59
4.1.4 Reparto de producto.	59
4.2 Datos generales de la Terminal de Almacenamiento y Distribución "18 de marzo" Azcapotzalco.	59
4.2.1 Recepción de productos.	60
4.2.2 Almacenamiento de producto.	60
4.2.3 Distribución de producto.	61
4.2.4 Reparto de producto.	61
4.3 Datos generales de la Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Sur/Barranca del Muerto.	61
4.3.1 Recepción de productos.	61
4.3.2 Almacenamiento de producto.	62
4.3.3 Distribución de producto.	62
4.3.4 Reparto de producto.	62



4.4 Datos generales de la Terminal de Almacenamiento y distribución Satélite Norte (San Juan Ixhuatepec).	63
4.4.1 Recepción de productos.	63
4.4.2 Almacenamiento de producto.	63
4.4.3 Distribución de producto.	63
4.4.4 Reparto de producto.	63

CAPÍTULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES " URV ' s "

Introducción.	66
5.1 Sistema de recuperación de vapores.	70
5.2 Fases en la recuperación de vapores.	71
5.2.1 Sistema de recuperación de vapores Fase Cero.	71
5.2.2 Sistema de recuperación de vapores Fase I.	71
5.2.2.1 Componentes indispensables para la Fase I.	72
5.3 Sistema de recuperación de vapores Fase II.	73
5.3.1 Componentes indispensables para la Fase II.	73
5.4 Tecnologías existentes para efectuar la recuperación de vapores.	75
5.4.1 Tecnología Edwards Engineering.	76
Sistema de refrigeración mecánica (en cascada) y refrigeración criogénica (con nitrógeno líquido).	
5.4.2 Descripción del proceso de la unidad de recuperación de vapores (urv ' s).	76
5.4.2.1 Descripción del diagrama de flujo del proceso.	78
5.4.3 Tecnología Shoseki Engineering & Construction Co. Ltd.	79
Absorción y desorción de vapores de hidrocarburos por medio de un absorbente selectivo (soval).	
5.4.4 Descripción del proceso de la unidad de recuperación de vapores (urv ' s).	79
5.4.4.1 Descripción del diagrama de flujo del proceso.	80

CAPÍTULO 6 MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Introducción.	82
6.1 Medidas de protección ambiental.	83
6.2 Situación en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).	84



6.3 Medidas de control.	84
6.3.1 Mantenimiento de las Unidades Recuperadoras de Vapores con tecnologías Edwards y Shoseki.	88
6.3.2 Utilización de nitrógeno líquido.	91
6.3.3 Mantenimiento de los autotanques.	92

CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

Introducción.	96
7.1 Costos.	97
7.1.2 Costos de mantenimiento en unidades recuperadoras de vapores con tecnologías edwards y shoseki.	97
7.1.3 Costo de utilización de nitrógeno líquido.	99
7.1.4 Costos de mantenimiento en autotanques.	100
7.2 Costo en los 4 centros.	102
7.3 Beneficios.	103
7.3.1 Beneficios públicos cuantificables (reducción de emisiones a la atmósfera, por mantenimiento a urv's).	103
7.3.2 Beneficios públicos cuantificables (reducción de emisiones a la atmósfera, por utilización de nitrógeno líquido).	105
7.3.3 Beneficios privados cuantificables (recuperación de hidrocarburos, por mantenimiento a urv's).	106
7.3.4 Beneficios privados cuantificables (recuperación de hidrocarburos, por utilización de nitrógeno líquido).	107
7.3.5 Beneficios por centro de distribución.	110
7.4 Valor presente neto de costos y beneficios.	111
7.5 Relación beneficio-costo.	112

CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA	122
ANEXO 1	126
ANEXO 2	129
ANEXO 3	135
ANEXO 4	141
ANEXO 5	145



JUSTIFICACIÓN



JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Todo lo relacionado con el medio ambiente, se ha ido convirtiendo en un tema que importa e involucra a toda la sociedad. Desde que se inventaron los motores de combustión interna, a mediados del siglo XIX, el hombre se fue haciendo extremadamente dependiente, de los combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles, comprenden principalmente, el petróleo y sus derivados (gasolinas, diesel, turbosina, etc.), el gas natural y el carbón mineral.

El consumo de estos hidrocarburos, ha ido produciendo alteraciones muy severas a la atmósfera, que junto con fenómenos naturales, como la inversión térmica, ocasionan efectos indeseables a la salud humana.

Es por ello, que se hace necesario evaluar las emisiones contaminantes, producidas por diversos combustibles. En particular, en este trabajo, se estudia la contaminación producida por el manejo de los combustibles, en el Valle de México.

En particular las URV ' s (Unidades Recuperadoras de Vapores), se encargan de recuperar esas emisiones, por el manejo de combustibles y, los vapores de los que se habla, son los que se desprenden al almacenar, sin las debidas medidas de control, los combustibles (gasolinas) en estado líquido.

La razón de recuperar estos vapores, es porque contribuyen a la contaminación del aire.

Dada la complejidad y extensión del objeto de estudio, así como por su propia estructura técnica, esta tesis ha sido abordada en trabajo de equipo, por dos personas: C. Yessica Gutiérrez Martínez y C. Celia González Otamendi. También para desarrollar el análisis Costo-Beneficio, se analizaron 2 tecnologías, que se emplean en la recuperación de vapores, como son la tecnología Edwards Engineering y la tecnología Shoseki Engineering & Construction Co. LTDL.

La primera tecnología, se emplea en 3 terminales de Almacenamiento y Distribución, como son: Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto; mientras que la segunda tecnología, cuenta con una terminal en San Juan Ixhuatepec. Fue necesario, realizar investigación documental de diversas fuentes bibliográficas, así como también, se llevo a cabo una investigación de campo, que consistió básicamente, en realizar diversas entrevistas con las personas más especializadas en el tema, para cada tecnología.



JUSTIFICACIÓN



Importa subrayar, que los beneficios que se van a obtener para cada tecnología, serán básicamente beneficios ambientales, tales como, la reducción de emisiones a la atmósfera, reducción de efectos en la salud, mejor calidad de aire y recuperación de gasolina.

En lo que se refiere a los costos, estos se enfocan exclusivamente, a los costos de mantenimiento preventivo y/o correctivo para cada tecnología, de igual forma, se calculó el monto que representa el mantenimiento para autotanques de gasolinas.

Asimismo, se calculó el costo que representa la opción de utilizar o no el nitrógeno líquido, para el caso de la tecnología Edwards y, el líquido selectivo Soval para la tecnología Shoseki.

Los diferentes tipos de combustibles, que se van a considerar para este trabajo de tesis, son los siguientes: Pemex Magna y Pemex Premium, así como el Pemex Diesel y, los llamados Contaminados, que son hidrocarburos, que se desprenden durante el proceso en que se recuperan los vapores.

Se eligió realizar esta investigación en el Valle de México, ya que la principal causa de contaminación en esta zona, es la enorme cantidad de combustibles que consumen los vehículos, las industrias y los servicios. Pero cabe señalar, que tanto el gobierno de los municipios conurbados del Estado de México y, del Distrito Federal, así como las Secretarías del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca y la de Salud, están realizando enormes esfuerzos, para tener diversos combustibles, que sean menos agresivos con el medio ambiente.



OBJETIVOS



Los objetivos centrales de este estudio, para desarrollar la tesis de licenciatura son los siguientes:

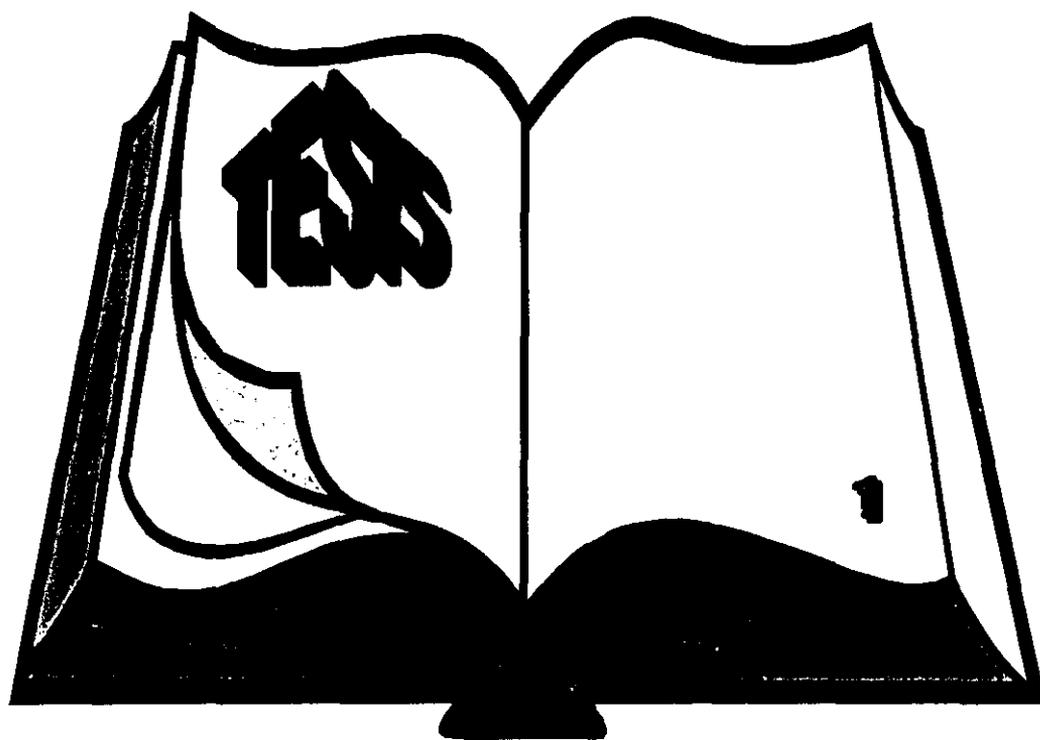
Objetivo General.

Realizar el análisis Costo-Beneficio de medidas para el control de emisiones a la atmósfera, debidas al manejo y distribución de combustibles en el Valle de México.

Objetivos Particulares.

- ❖ Identificar y cuantificar, costos y beneficios del mantenimiento para las tecnologías Edwards y Shoseki.
- ❖ Identificar y cuantificar costos y beneficios de utilizar el nitrógeno líquido, en el proceso de recuperación de vapores de la tecnología Edwards.
- ❖ Identificar y cuantificar, costos y beneficios del mantenimiento a autotanques.

INTRODUCCIÓN





INTRODUCCIÓN



Por varias generaciones, se han incrementado crecientes tendencias de deterioro en la capacidad de renovación de nuestros recursos naturales y, en la calidad del medio ambiente. Las principales áreas metropolitanas, se enfrentan a problemas de contaminación y en ellas se rebasan las normas de concentración ambiental para varios contaminantes.

En 1993, se establecieron normas de calidad del aire, que fijan los valores máximos permisibles de concentración de contaminantes, (Ver Cuadro 1) tales como el ozono, monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales, partículas menores de 10 micras y plomo. Estas normas se han establecido principalmente para proteger la salud de la población, en función de los criterios y estándares adoptados en otros países, ya que México no cuenta con la infraestructura necesaria para realizar estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición ni en animales ni en seres humanos.

CUADRO 1
NORMAS OFICIALES PARA ESTABLECER LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE
CONTAMINANTES (1993)

NORMA	CONTAMINANTE	LÍMITE MÁXIMO NORMADO
NOM-020-SSA1-1993	Ozono (O ₃)	0.11 ppm equivalente a 216 µg/m ³ en una hora, una vez al año, en un período de tres años.
NOM-021-SSA1-1993	Monóxido de Carbono (CO)	1.00 ppm o bien 12,595 µg/m ³ en promedio móvil de ocho horas una vez al año.
NOM-022-SSA1-1993	Bióxido de Azufre (SO ₂)	0.13 ppm equivalente a 341 µg/m ³ en 24 horas una vez al año y 0.03 ppm (79µg/m ³) en una media aritmética.
NOM-023-SSA1-1993	Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm equivalente a 395 µg/m ³ en una hora, una vez al año.
NOM-024-SSA1-1993	Partículas Suspendidas totales (PST)	260 µg/m ³ en 24 horas en un período de un año y 75 µg/m ³ en una media aritmética anual.
NOM-025-SSA1-1993	Partículas menores de 10 micras (PM ₁₀)	150 µg/m ³ en 24 horas una vez al año y 50 µg/m ³ en una media aritmética anual.
NOM-026-SSA1-1993	Plomo (Pb)	1.5 µg/m ³ en un período de 3 meses promedio aritmético.

Fuente: Diario Oficial de la Federación, viernes 23 de diciembre de 1994. Págs. 45-64.



INTRODUCCIÓN



Es importante señalar que aún falta mucho por hacer, pues el límite máximo normado de cada uno de los contaminantes, se rebasa con frecuencia, según datos publicados en el "II Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, 1997".

En 1996, se emitieron a la atmósfera alrededor de 3.1 millones de toneladas anuales de contaminantes, de las cuales el 2% son generadas por la industria, 8% por el sector servicios, 85% por el transporte y un 5% por las fuentes naturales, tal como puede observarse en la Gráfica 1 con los datos del Cuadro 2. Al respecto, en el Cuadro 3, se desglosa el contenido porcentual de dichas emisiones por sector y compuesto emitido.

**CUADRO 2
INVENTARIO DE EMISIONES 1996
(TON/AÑO)**

SECTOR	TON/AÑO						%
	PST*	SO ₂	CO	NO _x	HC	TOTAL	
Zona Metropolitana del Valle de México 1996							
Industria	5 700	15 630	9 503	28 666	16 279	75 778	2
Servicios	337	3 587	1 178	7 832	234 991	247 925	8
Transporte	7 745	5 197	2' 404 226	84 961	193 100	2' 695 229	85
Fuentes Naturales	18 072				134 673	152 745	5
TOTAL	31 854	24 414	2' 414 907	121 459	579 043	3' 171 677	100

* Para la ZMVM sólo se incluyen las partículas menores a 10µm.

Fuente: II Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, 1997. INE, SEMARNAP, CENICA, JICA.

**CUADRO 3
INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVM. 1996
PORCENTAJE EN PESO POR CONTAMINANTE**

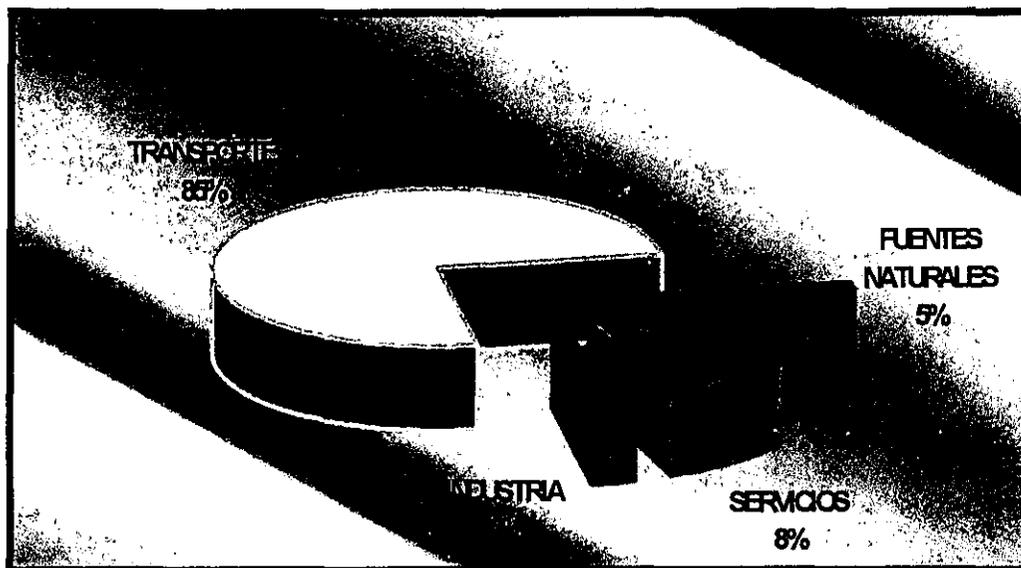
SECTOR	%				
	PST*	SO ₂	CO	NO _x	HC
Zona Metropolitana del Valle de México 1996					
Industria	17.89	64.02	0.39	23.60	2.81
Servicios	1.06	14.69	0.05	6.45	40.58
Transporte	24.31	21.29	99.56	69.95	33.35
Fuentes Naturales	56.73				23.26
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

* Para la ZMVM sólo se incluyen las partículas menores a 10µm.

Fuente: II Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, 1997. INE, SEMARNAP, CENICA, JICA.



GRÁFICA 1



Fuente: Cuadro 2.

Por otra parte, aún cuando 1999 se consideró como uno de los mejores años ambientales, pues los niveles de ozono y partículas suspendidas, se redujeron al grado de que el promedio de ozono fue de 144.9 puntos imeca, cuando la meta era 150 puntos; es importante señalar que en el año en cuestión, sólo 65 días se alcanzaron niveles por debajo de la norma, además se registraron 3 contingencias ambientales y el número de días en contingencia fue de 5.

La contaminación atmosférica en las grandes ciudades del mundo, proviene de la quema de grandes cantidades de combustibles y la necesidad intrínseca de transportación de mercancías y pasajeros.

En la actualidad, en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), diariamente circulan 3,157,874 vehículos que queman 18 millones de litros de gasolina y 5 millones de diesel.

El 85% de la contaminación del aire, proviene de los vehículos y un 15% de la industria y servicios.

Sin embargo, las fugas y evaporación de combustibles, también contaminan la atmósfera. Este tipo de contaminación, es el que se aborda en este trabajo de Tesis. Las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex (Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec) son las que generan



INTRODUCCIÓN



dicha contaminación, ya que en el almacenamiento, transporte y venta al público de la gasolina se desprenden vapores, que una vez emitidos a la atmósfera, contribuyen a la formación de ozono.

El propósito de este trabajo de Tesis, consiste en identificar y cuantificar, a través de la técnica del Análisis Costo-Beneficio (ACB), los costos y beneficios por la puesta en marcha de las 3 medidas de control de emisiones que se proponen, con la finalidad de evaluar dichas medidas y saber por un lado, si son rentables desde el punto de vista económico, a lo largo del periodo de estudio que es de 20 años (2000-2020), a una determinada tasa de interés y por otro, tomar una decisión en materia ambiental, en lo que se refiere a la reducción de emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Con respecto a los beneficios, estos son beneficios públicos cuantificables y beneficios privados cuantificables. Los primeros, están representados por la reducción de emisiones y el consiguiente impacto en la salud de la población, y los segundos, por el beneficio que tendría el propio Pemex por recuperar gasolina que puede ser utilizada en la combustión de vehículos.

La puesta en marcha de las medidas de reducción de emisiones, implica un costo, el cual será asumido en su totalidad por Pemex y se clasifica dentro de este trabajo de Tesis, como costo privado cuantificable.

En el Capítulo Primero de la Tesis, se muestran las características del área de estudio de este trabajo, ya que las Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex, están localizadas en la Zona Metropolitana del Valle de México. Se describen los contaminantes que han deteriorado la calidad del aire del Valle de México, así como los principales efectos que producen en la salud pública.

En el Capítulo Segundo, se señalan los fundamentos teóricos del Análisis Costo-Beneficio (ACB), en donde se destaca que el ACB, es una herramienta de la economía del bienestar aplicada, que consiste en la cuantificación o medición de los Beneficios y/o Costos de las diferentes alternativas de asignación de recursos. También se muestran los elementos que son necesarios para realizar el método del ACB.

Se hace énfasis en que en el mercado, surgen fallas que provocan pérdidas de eficiencia y bienestar. Entre las fallas del mercado más importantes se encuentra la presencia de las externalidades (problemas ambientales), que han sido incorporadas al ACB.



INTRODUCCIÓN



En el Capítulo Tercero, se aborda el tema de los combustibles automotrices. Aquí se cita que uno de los derivados más importantes del petróleo es la gasolina; se proporciona la definición de la misma, así como la evolución que ha tenido en México.

Se demuestra, que el uso de la gasolina en los vehículos de combustión interna, así como la evaporación de la misma, son 2 de los factores que más contaminan y, contribuyen a producir enfermedades respiratorias en el Valle de México.

Se describen las especificaciones técnicas que tienen que cumplir los combustibles automotrices, tales como la gasolina Pemex Magna y Pemex Premium, así como el Pemex Diesel, para reducir las emisiones a la atmósfera y por consiguiente, generar menos impactos sobre la salud.

Para la realización del ACB, se identificaron las fuentes emisoras de vapores de gasolinas, en los centros de Almacenamiento y Distribución de Pemex, como son Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec, que se encuentran ubicados en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Por lo cual, en el Capítulo Cuarto, se presentan las principales características de cada una de las 4 Terminales de Pemex.

Para reducir la emisión de vapores a la atmósfera, las 4 Terminales cuentan con equipos anticontaminantes, como lo son las Unidades Recuperadoras de Vapores (URV 's), por tal motivo, en el Capítulo Quinto, se explica en forma amplia, el porqué era necesario su implantación, se define su concepto, se presentan las tecnologías que existen para recuperar vapores y, se realiza la descripción y esquematización del diagrama de flujo de proceso, para las tecnologías Edwards y Shoseki Engineering.

Para reducir la contaminación atmosférica por emisiones de vapores de hidrocarburos, en el Capítulo Sexto, se proponen 3 medidas de control, como son: el mantenimiento de las Unidades Recuperadoras de Vapores (se destaca que en las Terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, se emplea la tecnología Edwards, para la recuperación de vapores y en San Juan Ixhuatepec, la Shoseki), la utilización de nitrógeno líquido y el mantenimiento de autotanques.

Finalmente, en el Capítulo Séptimo, se establece en forma práctica el ACB, para conocer y evaluar el impacto que tendrán las 3 medidas de control propuestas.



CAPÍTULO I LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



INTRODUCCIÓN

Las grandes metrópolis de fines de siglo, se han convertido en complejas estructuras integradas por espacios y flujos poblacionales, económicos, físicos, políticos, administrativos y culturales. Constituyen no sólo el hábitat o ecosistema artificial, donde se entreteje y condensa la vida cotidiana de la sociedad, sino también el motor del progreso económico y social de un país. Pero estas ciudades también juegan un papel central en el consumo intensivo de recursos energéticos y materiales, así como en la degradación del ambiente biofísico¹.

1.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS DEL VALLE DE MÉXICO.

La Zona Metropolitana del Valle de México, se localiza en la región central de la República Mexicana, a una altura de 2240 metros, por lo que el contenido de oxígeno del aire es 23% menor que al nivel del mar. Forma parte de una cuenca que tiene 9,560 km² de superficie, que abarca casi en su totalidad al Distrito Federal y parte del Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla².

Se encuentra rodeada por una cadena montañosa, formada por las sierras del Ajusco Chichinautzin, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina, las que constituyen una barrera física natural para la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminante fuera del Valle³.

Su latitud de 19° ocasiona que se reciba una radiación solar intensa, que acelera la formación fotoquímica de contaminantes y, que el sistema montañoso situado al sur de la cuenca provoque el estancamiento de los mismos. Además, dada la ubicación en el centro del país, la ZMVM está sujeta a la influencia de sistemas anticiclónicos, generados en el Golfo de México y en el Océano Pacífico, lo que provoca estabilidad atmosférica.

¹ Estadísticas de Valle de México. INEGI. Pág. VII.

² http://sma.df.gob.mx/publica/informe_aire_98/Capítulo_1.PDF

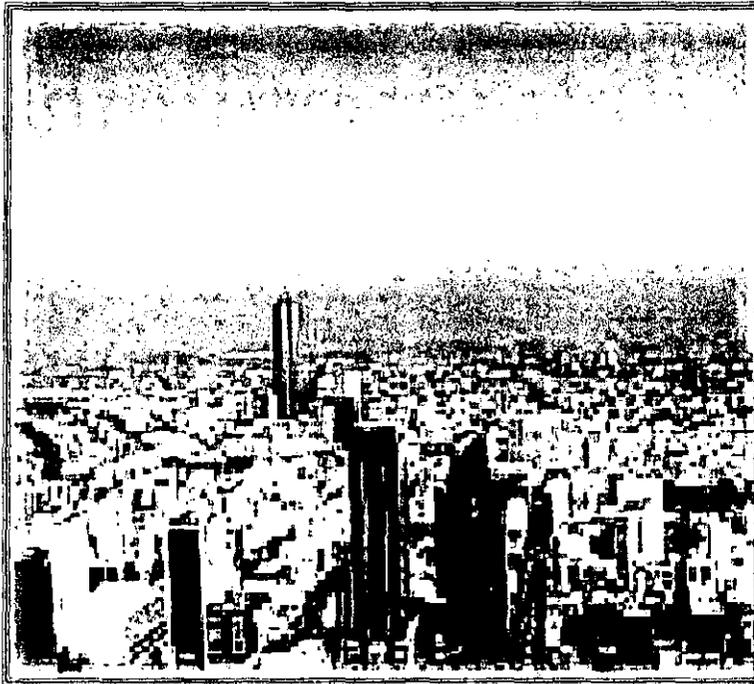
³ Estadísticas de Valle de México. Op. Cit. Pág. 3.



1.1.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.

La presencia de inversiones térmicas⁴ en invierno, se debe al desplazamiento de aire frío del noroeste del país hacia el centro, ocasionado por la presencia de sistemas de alta presión. Este fenómeno propicia la acumulación de contaminantes en superficie, como se muestra en la Figura 1.

FIGURA 1



El aumento de las lluvias y la humedad relativa en la ZMVM, se asocia con la entrada de aire tropical con alto contenido de humedad en los meses de junio a octubre, lo que propicia una disminución en los niveles de contaminantes primarios (Ver Cuadro 4).

⁴ La inversión térmica es un fenómeno natural, en principio, se puede presentar cualquier día del año y a cualquier hora del día y, que debido a su carácter natural, por si misma no representa ningún riesgo para la salud humana; solamente se vuelve peligrosa cuando, en la capa atmosférica en la que se encuentre inmersa, existan altas concentraciones de contaminantes, trayendo consecuencias graves sobre la salud de los seres vivos, particularmente del hombre. El fenómeno desaparece hasta que la capa de inversión se dispersa, lo cual sucede normalmente durante el día, cuando los rayos solares calientan la tierra y, por tanto, se calienta también la capa inferior de aire.



CAPÍTULO I LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), se compone de todo el Distrito Federal (con 16 delegaciones) y la totalidad o partes de 17 municipios del Estado de México y, los límites de otros estados; Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. El Valle se ubica sobre una superficie de 9,560 kilómetros cuadrados.

Los cálculos de la población de la ZMVM, son inexactos. Tenía 15 millones de habitantes, según el censo de 1990 (INEGI, 1991), pero de continuar su crecimiento al ritmo actual, se prevé que para el año 2000, la ZMVM tendrá 22.3 millones. El crecimiento de la población en las porciones urbanizadas del DF ha disminuido, e incluso ha declinado a partir de los años ochenta, la inmigración a las zonas aledañas, especialmente el Estado de México, ha sido en gran medida la responsable del aumento significativo de la población y, de la expansión urbana⁵.

⁵ <http://anic.utexas.edu/la/Mexico/water/ch2esp.html>



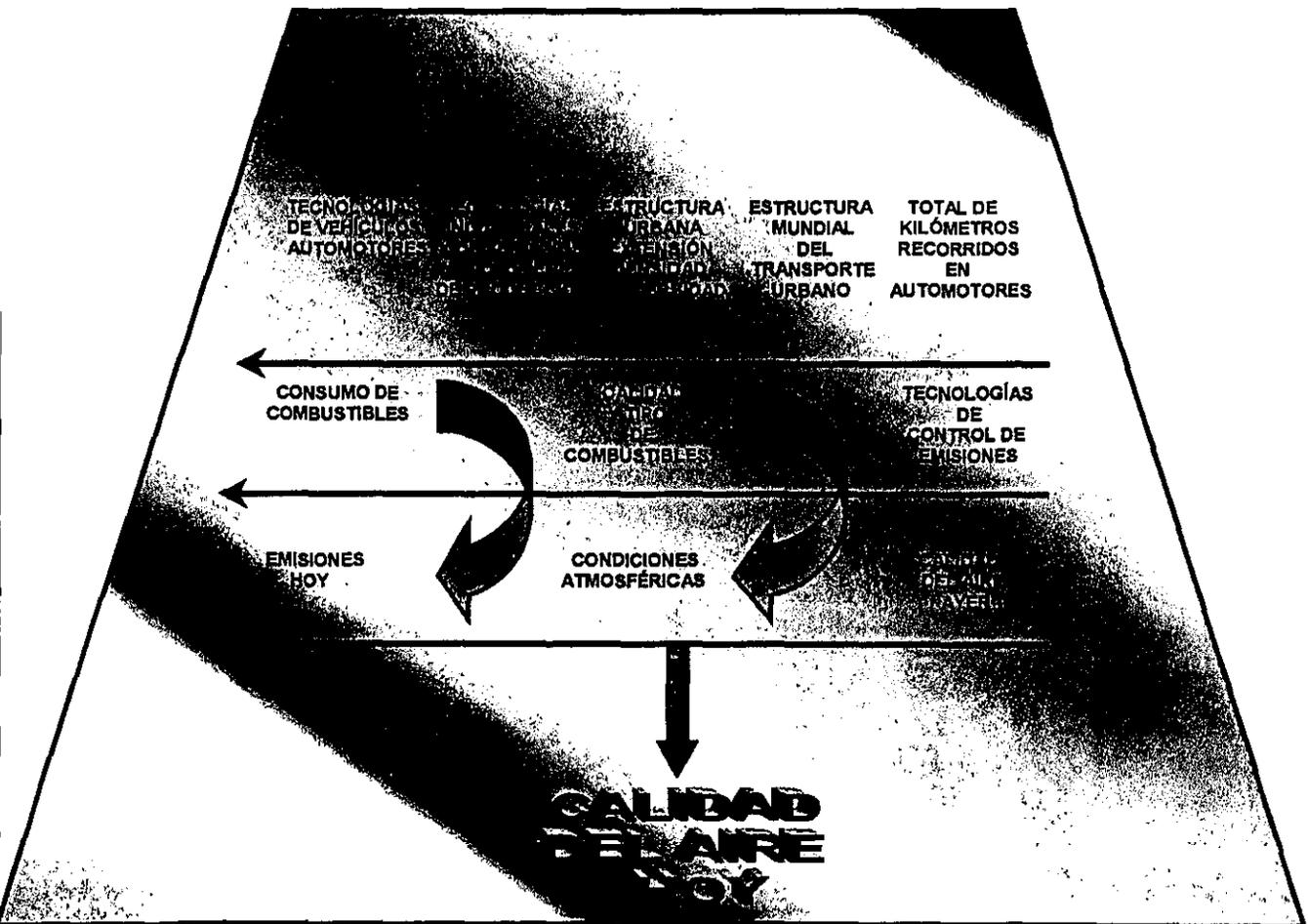
**CAPÍTULO I
LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE
DE MÉXICO**



1.2 CALIDAD DEL AIRE.

Uno de los principales problemas que nos aqueja hoy en día, es mejorar la calidad del aire que respiramos en la Zona Metropolitana del Valle de México. No es un reto sencillo, ya que los problemas de contaminación atmosférica que día a día afectan a dicha calidad (Ver Figura 2), son el reflejo de un gran volumen de contaminantes emitidos, del comportamiento fisicoquímico de éstos y, de la dinámica meteorológica que determina su dispersión, transformación y remoción en la atmósfera.

**FIGURA 2
FACTORES DETERMINANTES DE LA CALIDAD DEL AIRE**



Fuente: Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PROAIRE) 1995-2000.



**CAPÍTULO I
LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE
DE MÉXICO**



La cantidad de sustancias que pueden emitirse al aire y permanecer en él es muy grande y variada, por lo que la clasificación de las mismas puede también ser amplia.

Podemos en principio, clasificar a los contaminantes en 2 grandes grupos:

- ❖ **Contaminantes primarios:** Son aquellos que proceden directamente de las fuentes de emisión.
- ❖ **Contaminantes secundarios:** Aquellos que se originan por intersección química entre los contaminantes primarios y las sustancias presentes en la atmósfera.

Otra forma de clasificarlos, es por sus propiedades fisicoquímicas. En el Cuadro 4, se presentan los principales contaminantes.

CUADRO 4

CLASE	SUBCLASE	CONTAMINANTES PRIMARIOS	CONTAMINANTES SECUNDARIOS
Gases y vapores Inorgánicos.	Compuestos de azufre. Compuestos de nitrógeno. Óxido de carbono. Otros.	SO ₂ H ₂ S, NO, NH ₃ , CO, CO ₂ , HCl, HF, Cl ₂ F, H ₂ .	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , NO ₂ HNO ₃ .
Gases y vapores Orgánicos.	Hidrocarburos. Aldehídos y cetonas. Otros.	Metano, CH ₄ , Butano, Benceno C ₆ H ₆ Fenoles, Acetileno Etileno, Butadieno etcétera. Formaldehído. acetona, alcoholes, hidrocarburos clorados, ácidos orgánicos, etcétera.	Aldehídos, Peroxiradicales, cetonas ácidos, alcoholes.
Partículas.	Partículas sólidas. Partículas líquidas.	Humo, plomo, polvo, cenizas, carbón, asbesto. Aerosoles, grasa, niebla.	

Fuente: Múgica Álvarez, Violeta y Figueroa Lara, Jesús. Contaminación Ambiental Causas y Control, Amalgama Arte Editorial, México, 1996.



CAPÍTULO I LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



La calidad del aire, se establece con base en los contaminantes que se encuentran con mayor frecuencia y, en mayores concentraciones en el aire de los grandes centros urbanos e industriales. A estos contaminantes se les denomina "criterio". Para cada uno de ellos se determinan concentraciones límites permisibles o estándares y, cuando la concentración de dichos contaminantes se encuentra por debajo de esas concentraciones se tiene un aire de buena calidad.

Los contaminantes atmosféricos que se consideran en la mayoría de las normas internacionales son:

- ❖ Bióxido de azufre,
- ❖ Monóxido de carbono,
- ❖ Partículas suspendidas totales (actualmente se consideran también las PM₁₀ que son partículas menores a 10 micras),
- ❖ Los oxidantes fotoquímicos y,
- ❖ Los óxidos de nitrógeno. Los hidrocarburos no metálicos también se mencionan porque en conjunto con los óxidos de nitrógeno son precursores de los oxidantes.

Las fuentes contaminantes se clasifican en:

- ❖ **Fuentes fijas.** Toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones y procesos industriales, comerciales, de servicio o actividades que puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.
- ❖ **Fuentes móviles.** Aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijos con motores de combustión y similares, que con motivo de su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera⁶.

⁶ Contaminación Ambiental Causas y Control. Op. Cit. Págs. 125-127.



CAPÍTULO I LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



1.2.1 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.

El objetivo de las normas de calidad del aire, es proteger a la sociedad y al medio ambiente de los efectos nocivos de los contaminantes atmosféricos. Tienen por objeto lograr un cierto nivel deseable de calidad del aire. Estas normas fijan valores máximos permisibles de concentración de contaminantes, con el propósito de proteger la salud de la población en general y, de los grupos de mayor susceptibilidad en particular.

Las normas de calidad del aire, fueron publicadas por la Secretaría de Salud en el Diario Oficial de la Federación en diciembre de 1994 y, son de 2 tipos:

- ❖ **Primarias.** Se establecen para proteger a grupos más vulnerables de la población, es decir; jóvenes, ancianos y las personas con problemas de salud.
- ❖ **Secundarias.** Definen la calidad del aire que protege el bienestar de la población, así como a los recursos naturales (el suelo, los cultivos, la vegetación, la vida silvestre), de cualquier efecto adverso conocido de los contaminantes. Así como efectos sobre la economía y el bienestar personal.

Actualmente se realizan en la Secretaría de Salud estudios epidemiológicos que valoran la relación dosis / respuesta⁷ entre los diferentes contaminantes y la salud de la población del Valle de México para la futura actualización de los criterios establecidos en las normas que regulan la calidad del aire.

En el Cuadro 5, se muestran los tipos de contaminantes y la Norma Oficial Mexicana para cada uno de ellos.

⁷ Esta función, es una información sobre como se ve afectado un determinado receptor (un cultivo, unos materiales, la salud de los seres humanos), por la calidad del medio ambiente (distintos niveles de sustancias contaminantes en el agua, en el aire, en el suelo, etc.) o dicho en otras palabras, por un cambio en la variable objeto de estudio; estas funciones son proporcionadas por la ciencia básica con ayuda de la inferencia estadística, misma que servirá para asignar valores a los beneficios ambientales y, que pueden utilizarse de acuerdo con la naturaleza de los escenarios y la disponibilidad de la información con que se cuenta.



CUADRO 5
PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA EN SALUD AMBIENTAL
CRITERIO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE Y VALOR PERMISIBLE
PARA LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AMBIENTE
COMO MEDIO DE PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN.

CONTAMINANTE	NORMA OFICIAL MEXICANA EN SALUD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE PARA PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN:		
		EXPOSICIÓN AGUDA		EXPOSICIÓN CRÓNICA
		CONCENTRACIÓN Y TIEMPO PROMEDIO	FRECUENCIA MÁXIMA ACEPTABLE	PARA PROTECCIÓN DE LA SALUD DE LA POBLACIÓN SUSCEPTIBLE
Ozono (O ₃)	NOM-020-SSA1-1993	0.11 ppm (1 hora)	1 vez cada 3 años	—
Monóxido de Carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11 ppm (8 horas prom. móvil)	1 vez al año	—
Bióxido de Azufre (SO ₂)	NOM-022-SSA1-1993	0.13 (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)
Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	NOM-023-SSA1-1993	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	—
Partículas Suspendidas Totales (PST)	NOM-024-SSA1-1993	260 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m ³ (media aritmética anual)
Partículas Fracción Respirable (PM ₁₀)	NOM-025-SSA1-1993	150 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ (media aritmética anual)
Plomo (Pb)	NOM-026-SSA1-1993	—	—	1.5 µg/m ³ (promedio aritmético en 3 meses)

Fuente: Diario Oficial de la Federación 23 de diciembre de 1994.



1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CONTAMINANTES EXPUESTOS EN EL AIRE.

A continuación, se definen cada uno de los contaminantes, mencionados en el Cuadro 5.

- ❖ **Ozono (O_3).** Es un gas constituido por moléculas triatómicas de oxígeno, su presencia en el aire es el resultado de la combinación de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos volátiles y la radiación ultravioleta, el ozono es uno de los principales componentes del smog en zonas urbanas, y los vehículos automotores son la principal fuente antropogénica de emisiones de sus precursores.
Es importante mencionar que las inversiones térmicas elevan las concentraciones del ozono a nivel del suelo.
- ❖ **Monóxido de carbono (CO).** Es un gas inodoro e incoloro que se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, consecuentemente pueden verterlo al aire, los vehículos automotores y la industria, aunque en menor escala; algunos procesos naturales son capaces de emitirlos como los incendios forestales, los océanos, mención especial debe hacerse de la acumulación intramuros de procesos domésticos y el hábito de fumar.
La concentración de monóxido de carbono en áreas urbanas presenta variaciones, diarias y semanales, que se relacionan en gran medida con los patrones del tránsito vehicular, donde los horarios picos se presentan en la mañana y en la tarde, en los días hábiles, de igual modo hay variaciones estacionales que dependen mucho de las condiciones meteorológicas.
- ❖ **Bióxido de azufre (SO_2).** Es un gas estable, no inflamable, no explosivo e incoloro, es extremadamente soluble en agua, se produce mediante la quema de combustibles fósiles que contienen azufre, en la generación de energía térmica, calefacción, cocción y transporte. Otras fuentes son la refinación del petróleo y la fundición de minerales metálicos. La nocividad de este gas radica en que se transforma en ácido sulfúrico (H_2SO_4) en el aire y contribuye a formar la lluvia ácida, también es precursor del ozono, las concentraciones más altas de este bióxido se presentan en las áreas de mayor actividad industrial y, tránsito vehicular⁸.
- ❖ **Bióxido de Nitrógeno (Nox).** Se deriva de los procesos de combustión, siendo esta la fuente principal de su vertimiento a la atmósfera. Los vehículos automotores son los principales responsables de las emisiones antropogénicas.

⁸ Leal, Marina y Chávez, Valentina. Temas Ambientales ZMCM. Ed. Grupo Impresor Arma. México, 1996. Págs. 52-53.



CAPÍTULO 1 LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



-
- ❖ **Partículas Suspendidas Totales (PST)** . Se producen generalmente por las industrias, los vehículos o por la erosión del suelo. Su origen y composición es muy diverso, ya que pueden resultar de procesos de combustión, de la transformación de otros contaminantes o de mecanismos naturales, ya sea que provengan de los suelos o que tengan un origen biológico como materias fecales, polen, bacterias. Se considera a la contaminación del aire provocada por el material sólido o líquido finamente particulado, son producto de una gran cantidad de procesos naturales o antropogénicos y, consecuentemente el riesgo que constituye depende de algunos de sus múltiples características por un lado y, por el otro su constitución específica, pero más en la capacidad de absorber elementos adicionales.

 - ❖ **Las Partículas menores a 10 micras (PM10)** . Consisten en sólidos finos que están dispersos en el aire. Se originan en fuentes naturales y antropogénicas, en fuentes naturales cabe mencionar, el polvo arrasado por el viento, cenizas volcánicas, incendios forestales, son fuentes antropogénicas: las plantas de generación de energía térmica, la industria, las instalaciones comerciales y residenciales y, los vehículos automotores que utilizan combustibles fósiles su tamaño es la característica física mas importante para determinar su toxicidad. Las PM10 se mantienen en la atmósfera durante períodos más largos debido a sus bajas velocidades de sedimentación.

 - ❖ **Plomo (Pb)** . Los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina con plomo, son la fuente principal de plomo en el ambiente. Las emisiones de plomo orgánico se producen generalmente en forma de vapor, en tanto que el plomo inorgánico, se origina en las emisiones de la combustión del carbón y de varias industrias que utilizan este metal, como las fundidoras y las plantas de acumuladores de plomo. Es uno de los metales pesados más difusamente distribuidos en toda la superficie de la tierra y, consecuentemente el riesgo de exposición de la población en general es muy variado, frecuentemente es utilizado como tetraetilo de plomo (antidetonante de las gasolinas) y de ahí su vertimiento a la atmósfera.



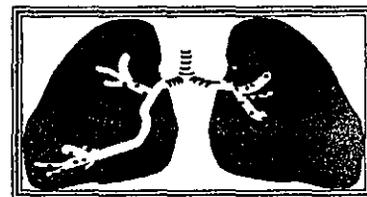
1.3 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS SOBRE LA SALUD.

Los contaminantes atmosféricos liberados por los vehículos automotores, tienen diferentes efectos nocivos en la salud de los seres humanos. La inhalación es la ruta principal de exposición a los contaminantes del aire, originados por las emisiones de los vehículos. Existen, asimismo otras vías de exposición, como la contaminación del agua potable, la contaminación de los alimentos y la absorción por la piel.

La contaminación del aire puede afectar el cuerpo humano mediante el contacto con la piel, los ojos o el aparato respiratorio. En esta última forma es mayor el daño que se causa a la salud. Las enfermedades respiratorias más importantes en el estudio de los efectos de la contaminación son la bronquitis, el asma, el enfisema y el cáncer pulmonar⁹.

Si dividimos el sistema respiratorio en 3 partes:

- La estructura nasonfaríngea,
- El sistema tractobronquial y,
- Los pulmones.



Podemos ver, que si entran por la nariz partículas grandes, pueden ser atrapadas por el vello nasal o por la mucosa y expelidas al toser o sonarse; partículas más pequeñas, pueden penetrar en el sistema tractobronquial y ser capturadas por las mucosas y removidas al toser o expectorar, las partículas muy pequeñas pueden entrar hasta los alvéolos pulmonares y permanecer ahí indefinidamente, causando irritación, o ser expelidas por el aire. Cuando además de las partículas se respiran gases irritantes como el ozono, óxidos de azufre y nitrógeno, las reacciones en todo el sistema respiratorio se vuelven más agudas y puede haber efecto sinérgico, es decir, el efecto total de 2 contaminantes es mayor que el de ambos por separado.

⁹ Contaminación Ambiental Causas y Control. Op. Cit. Pág. 143.



CAPÍTULO 1 LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



A continuación, se detalla cada uno de los principales contaminantes atmosféricos sobre la salud.

- ❖ **Ozono.** El ozono puede provocar daños graves a los tejidos pulmonares y, reducir las defensas contra las bacterias y los virus, también puede acelerar los procesos de envejecimiento celular. En algunas ocasiones se le relaciona con casos de fibrosis pulmonar y con cáncer de pulmón.
- ❖ **Monóxido de Carbono.** El monóxido de carbono que se absorbe por los pulmones, reduce la capacidad sanguínea para transportar el oxígeno disponible a los tejidos. El monóxido de carbono se une a la hemoglobina para formar carboxihemoglobina (COHb), que reduce el nivel de oxígeno en la sangre. Dado que se requiere más sangre para abastecer a los tejidos de la misma cantidad de oxígeno, debilita las contracciones del corazón, sensación de asfixia, dolor de cabeza, disminución del rendimiento en el ejercicio y en los reflejos. Deterioro de la función mental, en altas concentraciones puede producir un daño irreversible, problemas en la percepción visual, coronariopatías y arteriosclerosis.
- ❖ **Bióxido de azufre.** Es un gas irritante que se absorbe por la nariz y en las superficies acuosas de las vías respiratorias superiores, está asociado con una disminución de la función pulmonar y un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad, los efectos para la salud son, tos, flema, malestar en el pecho y bronquitis. Puede causar severos daños a los pulmones, como sucede cuando se fija en partículas pequeñas y de esta forma llega a los alvéolos pulmonares. También provoca alteraciones de la mucosa y el epitelio nasal, edema, enfisema en los fumadores, así como reactividad bronquial en fumadores y personas asmáticas.
- ❖ **Bióxido de nitrógeno.** Está relacionado con las afecciones del tracto laringo-traqueo-bronquial, así como la disminución de la resistencia a infecciones, disminuye la capacidad respiratoria, ya que se absorbe en la membrana de la mucosa de las vías respiratorias, el efecto más adverso del bióxido de nitrógeno para la salud se produce en la intersección de las vías respiratorias y la región de intercambio gaseoso de los pulmones.
- ❖ **Partículas Suspendidas Totales.** Se ha observado, que cuando se respiran por un tiempo prolongado altas concentraciones de ellas, se presentan o agravan afecciones respiratorias y cardiovasculares. Por otro lado, debilitan el sistema inmune. También se han observado daños en el tejido pulmonar y en algunas ocasiones pueden provocar cáncer, incluso muerte prematura, son muy sensibles a las Partículas Suspendidas Totales quienes padecen enfermedades pulmonares, los ancianos, los asmáticos y los niños.



CAPÍTULO 1 LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



-
- ❖ **Partículas menores a 10 micras.** Pueden penetrar hasta los alvéolos y provocar enfermedades respiratorias.
 - ❖ **Plomo.** Causa una disminución de las funciones neurológicas y tiene efectos nocivos en el sistema nervioso de los niños, además de afectar órganos como los riñones, el hígado, el cerebro, las gónadas y los huesos. Esto se debe a que, una vez en el cuerpo, la mayor parte del plomo se aloja en el sistema óseo. El plomo ataca a los fetos, causa graves daños en su sistema nervioso central y diversos tipos de malformaciones. En los adultos se ha observado que aumenta la susceptibilidad al desarrollo de la cirrosis hepática y el cáncer pulmonar. El plomo ingresa al cuerpo, a través de las vías respiratorias del aparato digestivo o por la piel.

En este primer apartado, se muestran las características (geográficas, climáticas y demográficas), más importantes de la Zona Metropolitana del Valle de México.

En el Valle de México, el uso del automóvil se ha venido incrementando, ocasionando una mayor emisión de contaminantes expuestos en el aire, por lo cual presentamos una lista de los principales contaminantes atmosféricos y los efectos que producen sobre la salud humana.

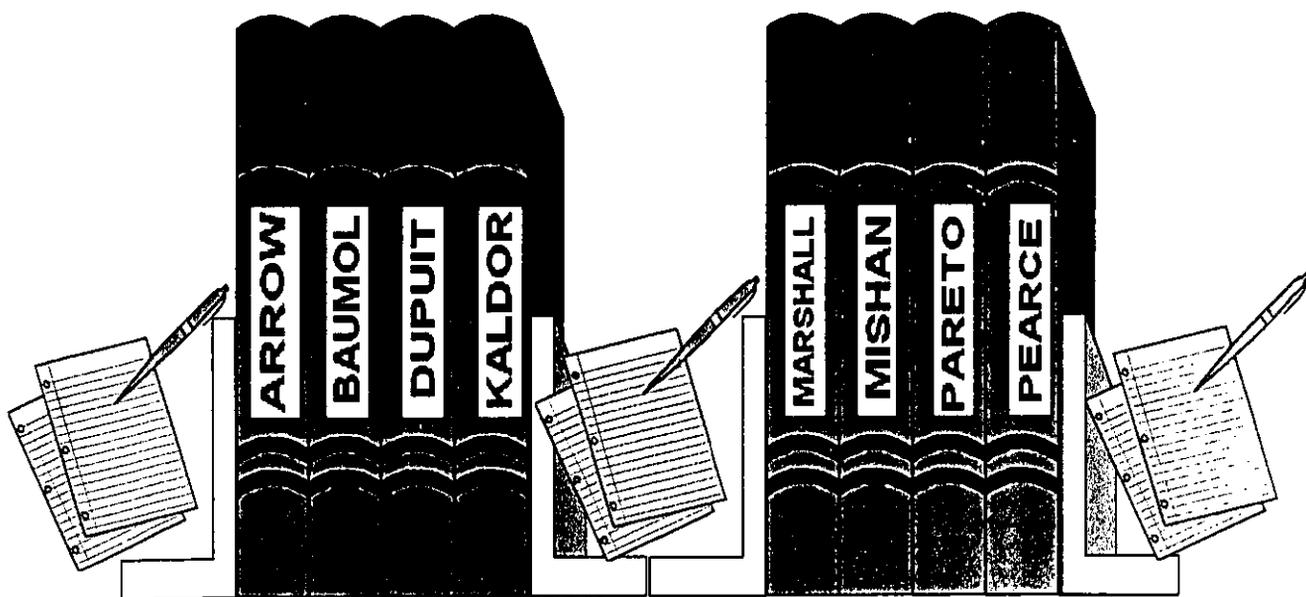
El Análisis Costo-Beneficio (ACB), es una importante metodología de apoyo a las decisiones, y como tal, debe considerar el carácter particular de la cuestión ambiental, y el uso racional de los recursos; por ello, en el siguiente capítulo, desarrollamos el tema del ACB, como herramienta básica dentro de la evaluación de proyectos.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

DEL

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO





CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



INTRODUCCIÓN

El Análisis Costo-Beneficio (ACB), describe y cuantifica las ventajas y desventajas sociales de una política basada en una unidad monetaria común¹. La teoría del ACB, tiene su origen en la economía del bienestar² del siglo XIX.

El objetivo de la Economía del Bienestar, consiste en la búsqueda de un criterio de ordenación. Pero de aquí surgió una gran discusión: se tenía que averiguar si existe un criterio de ordenación puramente económico o si por el contrario lleva implícito un juicio de valor.

Se determinó finalmente, que la maximización de los beneficios netos habría de ser formalmente equivalente a la utilidad o bienestar social.

Para llegar a la conclusión anterior, la Economía del Bienestar, tuvo que pasar por 2 épocas sumamente importantes.

En la primera época, algunos economistas estaban plenamente convencidos de que el cálculo de la utilidad era inadmisibles, así como también las comparaciones interpersonales de utilidad.

En la segunda época, surgieron 2 nuevas escuelas de pensamiento. A la primera de estas escuelas se le llama la Nueva Economía del Bienestar. La segunda escuela, desarrolló el concepto de la función de bienestar social³.

Sin embargo, desgraciadamente, la función de bienestar social no contó con la satisfacción de otros economistas, quienes especificaron varios problemas para su elaboración.

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

A continuación, se citan algunos autores como: Dupuit, Marshall, Pareto, J. R. Hicks, N. Kaldor, E. J. Mishan, Mckean, , Ian Little, James Mirrlees, Arrow, David Pearce, William Jack Baumol y W. Oates, quienes proporcionaron los fundamentos teóricos de la Economía del Bienestar, que contribuyeron a su vez a la consolidación del Análisis Costo-Beneficio.

¹ Pearce W, David. Cost Benefit Analysis, MacMillan, 1983. Pág.1.

² Rama de la teoría económica, que trata de formular proposiciones mediante las cuales se puedan ordenar en una escala de mejor a peor, las sucesivas alternativas que se presentan a la sociedad.

³ Es una especie de función de utilidad colectiva, que expresa las preferencias de cada individuo, en lo que respecta no sólo a su satisfacción personal, sino también al estado de toda la comunidad y, a la distribución del bienestar entre los miembros de la misma.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

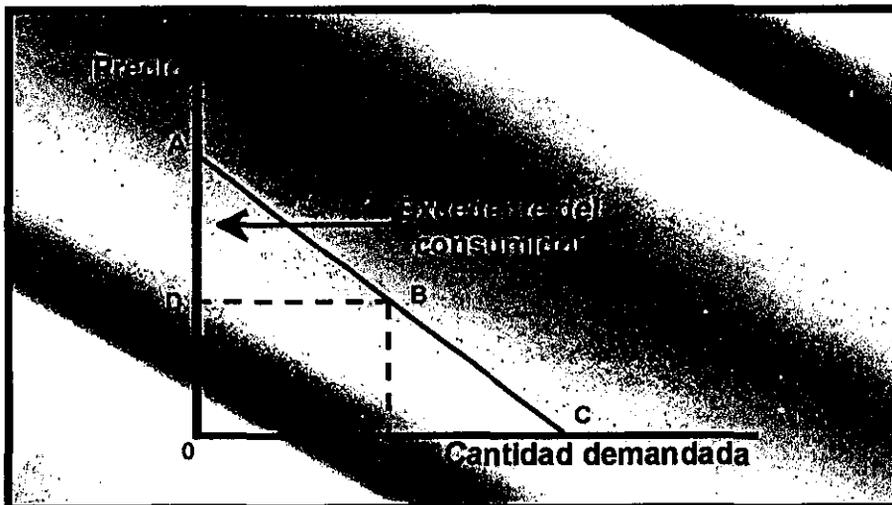


DUPOIT Y MARSHALL.

La noción de que los beneficios de los individuos deberían medirse de acuerdo con algún indicador del excedente del consumidor, fue bien establecida por los autores Dupuit y Marshall.

La idea básica del cambio en el excedente del consumidor, consiste en tomar el área comprendida debajo de la curva de demanda, que representa el efecto de los cambios en el precio del bien, manteniendo constante la renta del sujeto, a fin de medir la variación de la utilidad en términos monetarios⁴. Como se observa en la Figura 3.

**FIGURA 3
EL EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR.**



En la figura anterior se observa que el área bajo la curva OAC, representa la disposición a pagar por el consumidor, de manera que él está dispuesto a desembolsar cierta cantidad de dinero, para obtener su correspondiente cantidad de bienes y servicios. Si el precio se sitúa en el punto D, el consumidor paga el precio OD, por la cantidad OE, de manera que está obteniendo un excedente de satisfacción por DAB.

⁴ Randall, Alan. Economía de los recursos naturales y política ambiental. Ed. Limusa, México, 1985, Págs. 338-339.



CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

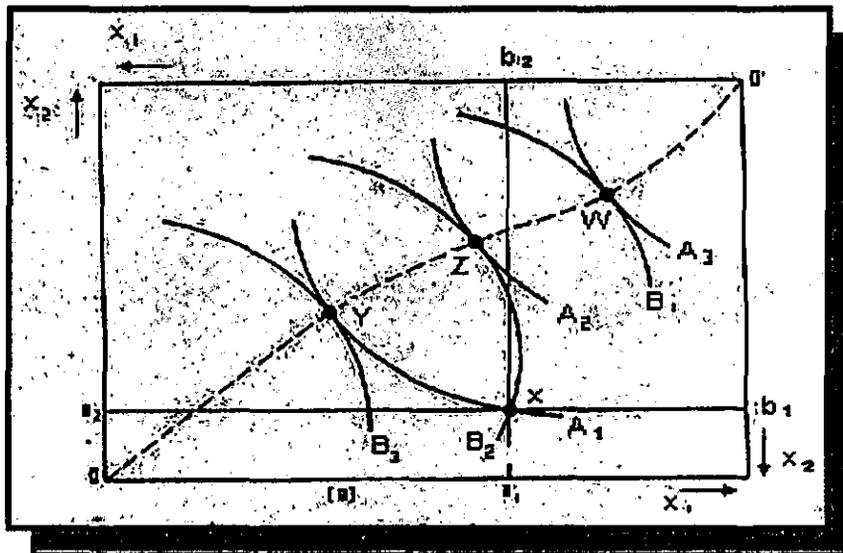


PARETO, VILFREDO FEDERICO DAMASO.

Cuando analizamos las ventajas y desventajas de un proyecto en particular, debemos considerar, no sólo el interés que éste representa para los agentes que están directamente involucrados, sino también, el interés que presenta para la sociedad en su conjunto. Esto nos ubica, dentro del concepto del bienestar. Es decir, para Pareto, la maximización de la utilidad de la inversión se da bajo la siguiente condición: de que se llegue a un punto en que ya no se pueda mejorar la posición de algún agente involucrado, sin que se perjudique a otro⁵.

Gráficamente, podemos observar el óptimo de Pareto, en la caja de Edgeworth⁶.

FIGURA 4



El modelo de esta economía se compone de 2 personas, a quienes se les denomina A y B y, de 2 productos X_1 y X_2 .

La línea YZW es la curva de contrato que muestra todas las combinaciones de bienes, que originarán un óptimo de Pareto. Es decir, (Y, Z, W) es el estado de la economía tal que el paso a cualquier otro estado factible que mejore la situación de un individuo, supondrá, necesariamente, un empeoramiento para algún individuo⁷.

⁵ Gutiérrez Nuñez, Carlos. Evaluación económica y social de proyectos. Fondo editorial. Facultad de contaduría y administración. México, 1988. Pág. 30.

⁶ El trabajo de Pareto, junto con el desarrollo del análisis de la curva de indiferencia que inventó F. Y. Edgeworth, constituyó el cimiento sobre el que se basa la economía del bienestar moderna.

⁷ Pearce W, David. Economía ambiental. Ed. F.C.E. México, 1985. Pág. 25



**CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



HICKS, J. R. y KALDOR N.

Durante un tiempo, el análisis fue indiferente al problema de la distribución del ingreso. Esto se puede apreciar aún en Pareto, donde no menciona la forma en que se distribuyen los aumentos o disminuciones en el bienestar, a él sólo le interesaba la eficiencia, es decir, el crecimiento del producto en sí, independientemente de quien lo recibiera.

Ahora se afirma, que primero hay que maximizar el producto total y luego distribuirlo con equidad. En otras palabras, primero lograr una asignación eficiente de los recursos y luego asegurar una distribución justa. Según este enfoque, la evaluación de proyectos bajo el Análisis Costo-Beneficio, debe realizarse de acuerdo con el criterio que establecieron Hicks y Kaldor.

Este criterio menciona que "una política económica es deseable si, como consecuencia de ella, alguien mejora y nadie empeora, inclusive, aunque mejore la situación económica de unas personas y empeore la de otras, si las que han mejorado pueden compensar a las que han empeorado y sin embargo, estar en mejor situación económica que la originaria"⁸. Así es como tiene lugar un aumento neto de bienestar social para estos 2 autores.

Por su parte, Hicks propuso 2 conceptos que permiten medir rigurosamente las ganancias o pérdidas de bienestar, derivadas de un cambio en los precios. Estos conceptos, son los de la variación compensatoria (VC) y la variación equivalente (VE).

Desde un punto de vista de valoración ambiental, la VC implica medir el deseo de pagar una determinada cantidad de dinero, para asegurarse un beneficio (mejora ambiental) o evitar una pérdida (daño ambiental), mientras que la VE, implica medir el deseo de aceptar una determinada cantidad de dinero, por tolerar una pérdida (daño ambiental) o renunciar a un beneficio (mejora ambiental).

MISHAN, E. J.

Mishan, señala que la introducción de un proyecto de inversión, puede mejorar o empeorar la situación de algunos miembros de la comunidad, mientras que otros permanecerán indiferentes al proyecto. Veamos cómo funciona el primer caso. "si alguna persona (j) ve mejorar su situación, una variación compensatoria VC mide el monto total de su mejoramiento, de manera que la VC es la suma máxima (V_j) que pagará antes que prescindir del proyecto y, tendrá signo positivo.

⁸ Phylis, Deane y Kuper, Jessica. Vocabulario básico de economía. Ed. Crítica. S.A. 1992. Pág. 335.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



En el segundo caso, si la persona (j) ve empeorar su situación por la introducción del proyecto, su VC mide la disminución total de su bienestar, como una suma mínima (V_j) que aceptaría para aprobar el proyecto y, esta suma tendrá signo negativo⁹.

Así pues, tenemos la siguiente suma agregada, por la introducción de un proyecto determinado, que ejemplifica el primer caso:

$$\sum_j^n V_j > 0$$

donde j varía desde 1 hasta n.

Aquí la suma algebraica de las nVC^{10} individuales es positivo, por lo tanto, hay un mejoramiento potencial de Pareto¹¹ y, su valor positivo se interpreta como el exceso de los beneficios, sobre los costos derivados de la introducción del proyecto.

Como se sabe, Mishan criticó el Análisis Costo-Beneficio que realizó la Comisión Roskill Report, sobre el tercer aeropuerto de Londres, alegando que los beneficios se registraron en gran medida como fenómenos de mercado y, las desutilidades en gran medida como "intangibles".

⁹ Layard, Richard. Análisis Costo-Beneficio. Serie lecturas. Ed. F.C.E. México, 1978. Págs. 223-224.

¹⁰ El criterio de medición utilizado por el (ACB) proviene de la teoría económica neoclásica, en que se fundamenta dicho análisis, "la economía del bienestar" y, se conoce como el de la variación compensadora. Mishan, observa que este criterio de medición depende básicamente del juicio de valor, que fundamenta quién determina si una persona ha sido afectada y cómo, e implica que el afectado puede determinar el efecto pleno de la acción en análisis y, traducirlo en una suma de dinero compensatoria.

¹¹ El criterio de la mejora paretiana potencial, dice que habrá una de estas "mejoras", si frente a los efectos de una acción es posible que los ganadores compensen a los perdedores y, todavía sigan resultando ganadores.

Por lo tanto, si la suma de las (VC) de todos los afectados es positiva, la acción en cuestión será una mejora paretiana potencial, puesto que la suma de las (VC) de los ganadores es mayor que la de los perdedores y, en consecuencia, la compensación es posible. Pero como la compensación es sólo potencial, los perdedores siguen perdiendo y los ganadores no transfieren parte alguna de sus ganancias.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Algunos ejemplos de las desutilidades "intangibles" que la Comisión omitió para la realización del Análisis Costo-Beneficio fueron: la molestia al ruido, el aumento de la contaminación del aire, la demolición de edificios históricos y, la pérdida de vidas. Este último ejemplo fue desarrollado por Mishan, donde evalúa las pérdidas o ganancias que se derivan de los cambios en la incidencia de muertes, accidentes o enfermedades, provocadas por la operación de un nuevo proyecto. Así, volviendo con el ya conocido criterio de un mejoramiento potencial de Pareto, la pérdida de la vida de una persona, se valorará por referencia a su VC, es decir; por referencia a la suma mínima de dinero que esté dispuesto a aceptar a cambio de su sacrificio¹².

Por lo tanto, señala que en un análisis Costo-Beneficio realizado para determinar la viabilidad económica, deben contarse tales desutilidades.

MCKEAN

Mckean, un pionero del Análisis Costo-Beneficio, examinó las dificultades más importantes, que se presentan al momento de establecer los precios "sombra". Señaló que surgen 2 problemas principales, en el momento de realizar la valoración de los beneficios netos:

- 1) En el caso de productos del mercado, los precios pueden estar modificados (por ejemplo, con los impuestos) o, reflejar un desequilibrio del mercado (por ejemplo, con problemas de desempleo) y,
- 2) En el caso de productos que no van al mercado (incluidos los bienes públicos y, los efectos externos de los productos del mercado), se necesitan otros métodos de valoración (por ejemplo, para el tiempo, la vida, etc).

Mckean, explica que ambos problemas se pueden manejar mediante la utilización de los precios sombra.

Un precio sombra, se puede definir como el valor unitario que representa un precio corregido, que permite " limpiar " los efectos de las distorsiones y externalidades y, obtener el valor real medido en términos de bienestar.

Un medio general para la derivación de precios sombra, determinado por Mckean¹³, es el ajuste de los precios del mercado para tomar en cuenta consideraciones que no se reflejan en ellos, como pueden ser los monopolios, los subsidios, los efectos externos de algunos productos, cambios en la oferta y la demanda, etcétera.

¹² Análisis Costo- Beneficio. Op. Cit. Pág. 224.

¹³ Análisis Costo- Beneficio. Op. Cit. Págs. 123-141.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Sin embargo, el ajuste que se realiza a los precios de mercado, carece de una gran precisión, ya que al considerar a los elementos antes mencionados, resulta que algunos de ellos son difíciles de estimar, mientras que otros presentan un alto grado de incertidumbre.

LITTLE, IAN Y MIRRLEES, JAMES.

En 1969, publicaron el " Manual del Análisis de Proyectos Industriales ", como complemento de otros estudios elaborados sobre el tema de " Análisis Empresarial de Proyectos Industriales para Países en desarrollo ". Esta publicación, tuvo como propósito enfocar el tema del Análisis Costo-Beneficio, no sólo desde el punto de vista de la empresa u organismo ejecutor, sino desde el punto de vista del interés de toda la sociedad. En ese momento, el tema era en gran medida innovador, además que estaba dirigido a los países en desarrollo¹⁴.

Uno de los aspectos que enfatizan estos autores, es que para valorar bienes de producción eminentemente nacionales, se utiliza su costo interno de producción, pero cuando tienen componentes importados, su valorización se puede realizar a partir de los precios internacionales o, del mercado mundial.

Si un país maximiza el valor de su producción valorada a los precios del mercado mundial, eleva al máximo su bienestar, ya que está ampliando su conjunto de posibilidades de consumo.

ARROW, KENNETH.

En su famoso " teorema de la imposibilidad ", muestra los problemas de definir cualquier función de bienestar social, basada en el juicio de valor paretiano fundamental sobre la soberanía del consumidor¹⁵.

Puede ilustrarse su conclusión fundamental, mediante la reproducción de un ejemplo que él mismo expone:

Existe una comunidad de 3 personas X, Y y Z, que tienen que elegir entre 3 políticas sociales alternativas, A, B y C.

Si las personas clasifican las preferencias en la forma siguiente (donde la posibilidad preferida se indica primero y la menos aceptada se indica al final):

¹⁴ Evaluación económica y social de proyectos. Op. Cit. Pág.44.

¹⁵ Se dice que existe cuando los recursos se distribuyen de acuerdo a las preferencias de los consumidores. La magnitud de " soberanía " que cada individuo posee se determina, por su ingreso.



**CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



CUADRO 6

Persona X:	A B C
Persona Y:	B C A
Persona Z:	C A B

El simple voto por mayoría daría el resultado siguiente: A se prefiere a B por mayoría de dos a uno; B se prefiere a C por una mayoría igual y, C se prefiere a A por una mayoría igual. Esto da una clasificación social de las preferencias de A B C A, lo cual sin duda viola las condiciones de la racionalidad. Si A se prefiere a B y B se prefiere a C, ¿cómo puede C preferirse a A?¹⁶.

Así, pues, en este ejemplo, la regla de la mayoría conduce a una función contradictoria de la preferencia social. La objeción de Arrow, no descarta completamente la utilización de la función de bienestar social. Solamente demuestra las limitaciones del enfoque.

Ahora veamos cómo funciona el Análisis Costo-Beneficio, aplicado a la economía del medio ambiente¹⁷.

En la aplicación del Análisis Costo-Beneficio, ya no basta hacer uso de los instrumentos del análisis financiero para aceptar un proyecto, ahora se deben tener en cuenta también, la naturaleza física de los efectos que produce la actividad económica, sobre el medio ambiente. Se trata de armonizar los objetivos ambientales con los económicos y sociales. En otras palabras, cómo compatibilizar la necesidad de contar con un medio ambiente sano, con los requerimientos del crecimiento y desarrollo de los países.

Uno de los instrumentos metodológicos identificados para el cumplimiento de este objetivo, ha sido el Análisis Costo-Beneficio¹⁸. Como ya se mencionó, las actividades económicas conllevan una degradación - pasada, presente y futura - del medio ambiente.

¹⁶ Economía de los recursos naturales y política ambiental. Op. Cit. Pág. 148.

¹⁷ En términos simples, se puede definir como la rama de la economía, que se ocupa de un recurso que el desarrollo actual ha hecho escaso, como es el medio ambiente. Más específicamente, se trata de la estimación óptima de los elementos que el medio ambiente provee, para el proceso de desarrollo humano.

¹⁸ El ACB es útil, para la evaluación de operaciones específicas de decisión en política ambiental. Además constituye, la introducción de la dimensión económica en el análisis de las acciones ambientales.



CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Esto ocasiona ciertos costos a la sociedad, necesarios para recuperar, mantener o mejorar su calidad. Estos costos están estrechamente ligados a los daños que el medio ha sufrido, sufre o puede sufrir por efectos de las actividades de producción o consumo. Esto es lo que se llama daño ambiental y, los costos correspondientes son los costos del daño ambiental. Para reducir o eliminar el daño ambiental necesitamos utilizar medidas de protección del medio ambiente.

Ahora bien, la implementación de tal medida requerirá necesariamente el uso de recursos. Estos también constituyen un conjunto de costos específicos, que son llamados generalmente costos de las medidas ambientales, ya que aparecen solamente cuando se plantea la posibilidad de llevar a la práctica medidas correctoras del daño.

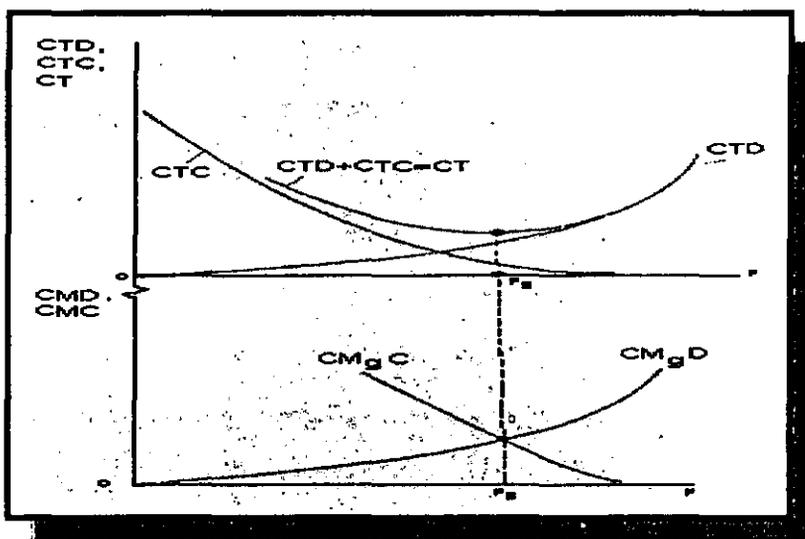
Estas 2 categorías básicas - costos del daño y costos de las medidas - se pueden considerar, como el punto de partida para el cálculo en la evaluación de medidas ambientales, por medio del Análisis Costo-Beneficio.

Ahora bien, los costos del daño ambiental, son generalmente considerados como beneficios, ya que su reducción o eliminación se traducen automáticamente en una elevación del bienestar social.

PEARCE, DAVID.

Veamos por medio de una gráfica, cómo funciona el enfoque del costo de control/costo del daño planteado por David W. Pearce¹⁹.

FIGURA 5



¹⁹ Economía ambiental. Op. Cit. Págs. 99-101.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



donde:

CTD: Costos Totales del Daño.

CTC: Costos Totales de Control.

CT: CTD+CTC.

P: Cantidad de contaminación.

Analicemos en primer término, la parte superior del diagrama. Se observa que los costos totales del daño (CTD) aumentan con la cantidad de contaminación, P. El eje horizontal indica los niveles de la contaminación o, también se puede hablar de los niveles de la producción económica, porque la contaminación está en función directa con la producción económica.

Por otro lado, tenemos a los costos totales de control (CTC). Lo que hay que resaltar aquí, es que esta curva corre de derecha a izquierda, esto se debe a que los movimientos a lo largo del eje horizontal hacia la izquierda, significan menor contaminación y, es de esperarse que a mayor gasto en las medidas ambientales la contaminación vaya disminuyendo.

Ahora, analicemos la parte inferior del diagrama.

donde:

CMgD: Costo Marginal del Daño.

CMgC: Costo Marginal de Control.

Como ya se señaló anteriormente, hay costos que corresponden al estudio, ejecución, operación y mantenimiento de las medidas ambientales²⁰, los que constituyen una valorización del conjunto de recursos sociales, asignados a la aplicación de la medida de protección ambiental. Estos costos son:

- a) Costos ligados a la reducción o eliminación del daño y,
- b) Costos orientados a aumentar las capacidades del medio ambiente.

A este incremento de gastos se le conoce como costo marginal. Se debe dejar claro que estos costos no generan ningún tipo de beneficio en contrapartida, como los costos del daño ambiental. He aquí, porque una de estas curvas presenta signo negativo (CMgC) y la otra signo positivo (CMgD).

Por lo tanto, la maximización de los beneficios sociales con respecto al control de la contaminación, equivale a la minimización del costo total (CT), es decir; a una minimización de la suma de CTD y CTC. Este punto mínimo aparece en la gráfica anterior, como el nivel de contaminación Ps.

²⁰ Ver anexo 1.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



BAUMOL, WILLIAM JACK Y OATES, W.

Estos autores demuestran cómo afectan las externalidades²¹ al bienestar social, por medio del enfoque impuestos-subsidios²². La idea de Baumol y Oates, es hacer que los agentes causantes del daño ambiental, paguen al resto de la sociedad por el perjuicio que para éstos últimos, significa el deterioro del medio ambiente común causado por aquéllos. Este pago puede ser recaudado por un sistema de impuestos. Por lo tanto, se da un aumento en los costos para los primeros, pero a la vez hay una disminución del bienestar para los segundos.

Pero también puede ocurrir que haya actividades que no crean daños al medio ambiente, por lo cual se les paga un subsidio. Aquí hay una disminución de costos para los primeros y, un aumento en el bienestar social para los segundos.

Estos fundamentos teóricos, nos llevaron a considerar varios pasajes de la historia económica, que nos permitieron conocer tanto el nacimiento como la consolidación del Análisis Costo-Beneficio.

Sin embargo, es interesante observar como el propio concepto de la palabra economía, nos lleva al mismo proceso (nacimiento-consolidación) del Análisis Costo-Beneficio, pero de una manera más breve.

Sabemos que la economía, es el estudio de cómo conseguir el mejor, u óptimo, empleo de los recursos limitados y esto provocó un gran problema, ya que ha llevado a escoger entre alternativas de utilización de recursos por parte de la sociedad. Este tema primordial de la teoría económica, ha sido discutido ampliamente en la denominada Economía del Bienestar. Esta es aquella parte del estudio de la economía, que explica como identificar y lograr una asignación de recursos socialmente eficiente.

Dentro de la Economía del Bienestar, existe una rama especializada denominada Economía del Bienestar Aplicada, que consiste en la cuantificación o medición de los Beneficios y/o Costos, de las diferentes alternativas de asignación de recursos. Por lo tanto, se concluye que el Análisis Costo-Beneficio, es una herramienta de la Economía del bienestar aplicada.

²¹ Los problemas ambientales resultantes de las actividades económicas, son concebidos como externalidades o deseconomías externas.

Se pueden mencionar dos tipos de externalidades. Una de estas son las externalidades negativas, que son las causantes del deterioro y daño ambiental y, la otra son las externalidades positivas que significan un mejoramiento en el medio ambiente.

²² W. Baumol y W. Oates. La Teoría de la política económica del medio ambiente. Barcelona. Antoni Bosch Editor, Págs. 1-10.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



2.2 ANTECEDENTES.

Los antecedentes del uso del Análisis Costo-Beneficio (ACB), provienen de los países desarrollados, a partir de la década de los años treinta, en los Estados Unidos se aplicó por primera vez, para evaluar los proyectos de desarrollo hídrico del U.S. Army Corps of Engineers²³.

En el caso de esos proyectos, se invierten los fondos públicos para proporcionar una serie de beneficios públicos y privados, por lo cual, se requirió en los Estados Unidos, una evaluación económica formal. Esa evaluación se hizo en forma de Análisis de Costo-Beneficio, de acuerdo con los lineamientos teóricos proporcionados por la economía del bienestar.

Posteriormente, el Análisis Costo-Beneficio llegó al Reino Unido, donde se usó principalmente en el sector de los transportes. La primera aplicación del ACB en ese país, fue llevada a cabo por el Road Research Laboratory (Laboratorio de Investigación sobre Carreteras) para la construcción de la autopista M1.

En las economías subdesarrolladas, los análisis de Costo-Beneficio se utilizaron para la valoración de proyectos hidroeléctricos, de irrigación, programas de suministro de agua e inversiones en transporte.

Las publicaciones que abrieron el camino en la evaluación económica y social en los países en desarrollo fueron: el "Manual de Análisis de Proyectos Industriales" escrito por Little y Mirrlees en 1969 y, "Pautas para la Evaluación de Proyectos" escritas por Dasgupta, Sen y Marglin²⁴.

2.2.1 BASES CONCEPTUALES DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.

El uso del Análisis Costo-Beneficio en el sector público, es un medio para tratar de que no se seleccionen aquellos proyectos públicos, que produzcan menos beneficio social, a expensas de los que serían socialmente más rentables. Por lo tanto, constituye una arma esencial para lograr la eficiencia de los programas del sector público.

El Análisis Costo-Beneficio, consiste en la agregación del valor presente neto de los beneficios y costos relevantes, derivados de un proyecto, para la sociedad. Los costos y los beneficios sociales tienen por finalidad, representar no los costos y beneficios financieros para un individuo determinado, sino el verdadero costo de oportunidad de los insumos y los productos (como bienes, mano de obra o divisas) para una economía. Cualquier proyecto de inversión genera una corriente de

²³ Benefit Analysis. Op. Cit. Pág. 14.

²⁴ Evaluación económica y social de proyectos. Op. Cit. Pág. 44.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



beneficios, al sustraer la inversión inicial y los costos de operación, se obtienen los beneficios netos del proyecto.

Ahora bien, para hacerlos comparables deben medirse en unidades monetarias²⁵ a precios de mercado, dado que la decisión de inversión se toma en el presente, la corriente de beneficios netos en cada período deben convertirse a su valor presente, para ello debe emplearse una tasa de descuento²⁶ apropiada, que refleje la preferencia que la sociedad tenga por consumir hoy en lugar de mañana, o bien, el importe que podría haberse obtenido, si los fondos se hubieran invertido en otra cosa.

Lo anterior, se puede expresar en la siguiente ecuación:

$$B_i = \sum_{t=0}^n \frac{b_i(t) - c_i(t) - k_i}{(1+r)^t}$$

donde:

B_i = valor presente de los beneficios netos derivados del proyecto i .

b_i = a los beneficios obtenidos del proyecto en el período t .

c_i = costos de operación del proyecto en el período t .

r = tasa de descuento.

n = período de vida del proyecto.

K_i = costo inicial del proyecto.

²⁵ Normalmente se intenta medir los beneficios y los costos en términos monetarios. Sin embargo, existe una dificultad relativa a la monetización de muchos beneficios no determinados en el mercado. En este caso, los resultados monetarios del Análisis Costo-Beneficio, se deben complementar con los cálculos intangibles especialmente en cuanto a los beneficios, porque no se ha hallado una forma de medirlos en términos monetarios.

²⁶ La tasa de descuento social, es la tasa de descuento que se usa para las inversiones públicas. Esta, es diferente a la tasa de las inversiones privadas, porque incorpora el concepto de rentabilidad o beneficio social. Las tasas sociales de descuento, se pueden fijar con tres criterios: tasa preferencial, costo de oportunidad del capital y, una combinación de estas dos últimas. Ciertamente no es posible fijar una tasa de descuento social óptima o eficiente en el sentido de Pareto, porque no existe una regla perfecta para decidir sobre los proyectos de inversión públicos.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



2.3 REGLAS DE DECISIÓN.

Como condición para que un proyecto sea autorizado, se deben efectuar y presentar los cálculos de costos-beneficios y, éstos deben demostrar que los beneficios que se esperan de la implantación del proyecto exceden los costos previstos²⁷.

También existe el criterio de la razón de costo/beneficio, según éste un proyecto es aceptable, si su razón de costo/beneficio es igual o mayor que 1.0.

Esta racionalidad global aparece como de valor universal, independientemente de los individuos o grupos que la adoptan o de las condiciones particulares en que es aplicada.

Así por ejemplo, puede adoptarse el punto de vista del individuo particular, que busca maximizar su ganancia, o el de la comunidad que tiende a optimizar el bienestar social; o bien, se trata de obtener el mejor rendimiento posible de los recursos en el menor tiempo posible, o se persigue alcanzar su máximo aprovechamiento en el largo plazo.

En uno y otro caso, la aplicación de un criterio de costo-beneficio parece legítimo, lo que hace que el Análisis Costo-Beneficio sea válido como principio general, pero su aplicación es necesariamente particular a cada situación.

2.4 EXTENSIÓN DEL MÉTODO DE COSTO-BENEFICIO.

Trabajando con el método tradicional de valor actual, o de costo-beneficio, algunos economistas de los recursos han tratado de ampliar, o en muchos casos, de perfeccionar ese método. En su aplicación, el método de Costo-Beneficio ha resultado típicamente en la cuantificación y valoración, sólo de aquellas partidas del costo y del beneficio, fáciles de cuantificar y valorar. Sin embargo, hace unos cuantos años atrás, se ha logrado un avance considerable en cuanto a incorporar al análisis cuantitativo de Costo-Beneficio, ciertos beneficios y costos asociados con bienes y satisfactores que " no salen al mercado " (debido a problemas de factores externos, por ejemplo).

²⁷ Este criterio fue establecido por la Flood Control Act (Ley de Control de Riadas) en 1936, explícitamente señaló que los proyectos de control de las inundaciones, tenían su justificación social " si los beneficios, quienquiera que los disfrutara excedían los costos ". Es esta referencia a la dimensión social de la valoración de la inversión, la que distingue el Análisis Costo-Beneficio de otras técnicas, que tratan los recursos generados de una empresa o de otro tipo de entidad en particular.



**CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



Esta extensión del Análisis de Costo-Beneficio, para incluir los bienes que " no salen al mercado ", es sin duda una contribución al perfeccionamiento de ese análisis.

2.5 COSTOS.

La teoría microeconómica moderna, hace una distinción entre costos medios de corto y de largo plazo.

Los costos de corto plazo, son los costos en que se incurre en un período durante el cual algunos de los factores de la producción son fijos.

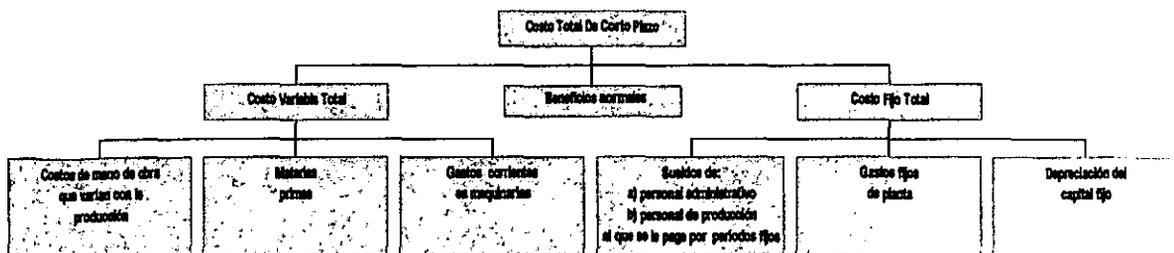
Los costos fijos medios, incluyen: a) los sueldos y otros gastos del personal administrativo; b) los sueldos del personal al cual se le paga por períodos fijos; c) el desgaste de la maquinaria; d) los gastos de mantenimiento de edificios y, e) los gastos de mantenimiento de la tierra, sobre la cual está instalada y opera la planta²⁸.

Los costos de largo plazo, que son los costos en que se incurre en un período suficientemente largo, como para permitir el cambio en la magnitud de todos los factores de la producción. Es decir, en el largo plazo, todos los factores son variables.

El costo medio variable, incluye el costo de: a) la mano de obra directa, que varía con el volumen de producción; b) las materias primas y c) los gastos corrientes de la maquinaria²⁹.

El costo medio total, se obtiene sumando el costo medio fijo, incluido el beneficio normal (que incluye un rendimiento porcentual sobre el capital fijo y una asignación por el riesgo) y, el costo medio variable para cada nivel de producción.

Los costos totales de corto plazo, se presentan en el Esquema 1:



²⁸ Koutsoyiannis A. Microeconomía moderna. Amorrortu editores. Buenos Aires. 1979. Pág. 122.

²⁹ Microeconomía moderna. Op. Cit. Pág. 124.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Ahora ya sabemos que en particular existen diferentes tipos de costos, pero en general, nos podemos referir simplemente, al costo de producción, ya que éste representa el total de gastos que una empresa tiene que hacer, a efecto de disponer de todos aquellos factores que necesita para producir.

También se sabe, que los costos de producción varían, de acuerdo a 4 circunstancias:

a) el volumen de producción, b) cambios en la tecnología, c) variación en el precio de los factores y, d) las modificaciones que se le realicen a un producto.

Por lo anterior, se concluye que los costos de producción disminuyen en forma continua, sobre todo cuando se realiza un aumento en la producción y, cuando se modifica la técnica para producir un producto.

Finalmente, otro tipo de costo es el costo marginal, este se define como la variación del costo total atribuible a una variación de una unidad en la producción.

2.6 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO. COSTOS.

Ahora, se aborda el lado de los costos, con relación al Análisis Costo-Beneficio.

Para realizar un proyecto, las inversiones que se llevan a cabo para que se cumpla el objetivo al cual fue diseñado, deberán registrarse como costos y, éstos constituyen el primer gran componente del indicador final de la eficiencia de la inversión.

Dentro de este marco existen 2 clases de costos, el costo privado y el costo público (costo de oportunidad)³⁰. En ambos casos, sin embargo, se hace usualmente la distinción entre un gasto directo y un indirecto, según se trate de un desembolso monetario o de un ingreso sacrificado.

La distinción básica entre el costo privado directo y el costo privado indirecto, es que mientras que el primero representa costos monetarios directos, el segundo representa costos imputados por ingresos dejados de percibir.

La suma de los costos privados y públicos serán los costos totales.

³⁰ En economía, el concepto fundamental respecto a los costos, es el de los costos de oportunidad. El costo de oportunidad de utilizar recursos de cierta manera, es la alternativa más altamente valorada, en la cual se habrían podido invertir estos recursos y a la cual la sociedad tendría que renunciar, cuando los recursos se utilizan en otra forma específica.



**CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



2.6.1 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO. BENEFICIOS.

La palabra " beneficios " implica claramente hacerse mejor; si alguien se beneficia de algo, su posición se mejorará, está en mejores condiciones. Por el contrario, si empeora su condición, debe ser porque de alguna manera se priva a esa persona de los beneficios³¹.

La inversión conlleva 3 procesos a seguir:

El primero, ya ha sido señalado, se conoce como el pago de inversión, éste representa el número de unidades monetarias, que el inversionista debe desembolsar para conseguir que la inversión comience a funcionar como tal.

Al segundo, se le conoce como la duración (vida) de la inversión, que representa el número de años durante los cuales la inversión estará funcionando y generando rendimientos, de acuerdo con las previsiones realizadas por el inversionista.

El tercer proceso, son los rendimientos generados por la inversión a lo largo de su vida.

Estos rendimientos, pueden medirse desde una óptica contable, como flujos de caja (es decir, cobros menos pagos) o desde una óptica económica, como beneficios (ingresos menos costos), éste constituye el segundo gran componente del indicador final de la eficiencia de la inversión. La óptica contable, es bastante recomendable para inversiones privadas y, la óptica económica para el caso de las inversiones públicas.

No hay que olvidar que los ingresos tienen que exceder a los costos, para que un proyecto de inversión sea aceptado.

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR), se define como aquella tasa de descuento, que iguala el valor presente de los rendimientos futuros con el valor presente y de los costos.

Se denomina como Tasa Interna de Rendimiento también, a la tasa de interés a la cual el valor actualizado de un proyecto es igual a cero.

Estas son dos maneras de explicar lo que es, en general, la TIR.

La primera definición de Tasa Interna de Rendimiento, la podemos expresar matemáticamente de la siguiente forma:

³¹ C. Field, Barry. Economía Ambiental. Ed. Mc. Graw Hill. México, 1995. Pág. 59.



CAPITULO 2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS
DEL
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



$$\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

donde B_i y C_i , representan respectivamente los beneficios y costos en el año i .

De acuerdo con la segunda definición de la Tasa Interna de Rendimiento, esta se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i} = 0$$

donde:

- B_i = beneficios anticipados calculados para el año i .
- C_i = costos anticipados.
- i = duración de la vida del proyecto.
- t = tasa interna de retorno.

Para este caso, los beneficios se dividen en privados y públicos. Los beneficios privados 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. En los beneficios públicos, 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 país³².

La suma de los beneficios privados y públicos, representan los beneficios totales.

Este trabajo de Tesis, consiste básicamente en realizar el Análisis Costo-Beneficio, de aplicar una medida de reducción de emisiones, siguiendo la clasificación de costos y beneficios propuesta en los puntos 2.6 y 2.6.1.

³² Rodríguez Martínez, Araceli Luz. Efectos socioeconómicos en las emisiones de SO₂ (Bióxido de azufre) : Un enfoque de Análisis Beneficio-Costo. Tesis. Facultad de Economía. México. D.F. 1998. Págs. 46-47.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



2.7 EFECTOS EXTERNOS: DIVERGENCIA ENTRE COSTOS Y BENEFICIOS PRIVADOS Y PÚBLICOS.

Para que se pueda originar un óptimo de Pareto, éste tiene que darse manteniendo los supuestos de la competencia perfecta. En este caso, sólo nos interesa el supuesto que menciona que todos los costos y beneficios, tanto de productores como de consumidores, se reflejan en los precios de mercado. Sin embargo, existen muchas situaciones en las que los efectos de la acción de un individuo, no están plenamente reflejadas en los precios de mercado y, por lo tanto, hay una diferencia entre los costos y beneficios privados y públicos.

Sabemos que las decisiones de inversión del sector privado, sólo toma en cuenta los beneficios y costos que afectan directamente a los inversionistas, pero para realizar una evaluación social de un proyecto, generalmente se inicia efectuando una evaluación económica, de los costos y beneficios privados de los proyectos; enseguida se introducen correcciones a dichos valores privados y, se agregan costos y beneficios que el inversionista privado no considera cuando toma sus decisiones de inversión.

Los valores privados corregidos, constituyen los llamados beneficios y costos directos, mientras que los valores que se agregan, son los que dan origen a los costos y beneficios indirectos (externalidades) y a los intangibles³³.

Este apartado, nos permitió concluir lo siguiente:

Que el Análisis Costo-Beneficio, es una técnica que intenta presentar y evaluar los costos y beneficios sociales de proyectos de inversión, para ayudar a decidir si los proyectos se llevan a cabo o no. El objetivo consiste en identificar y medir las pérdidas y las ganancias en el bienestar económico, que recibe la sociedad como un todo, si un proyecto se lleva a cabo.

El Análisis Costo-Beneficio, conlleva 4 pasos importantes a seguir³⁴:

- 1) Explicar en forma clara el proyecto de inversión.
- 2) Describir en forma cuantitativa las entradas (insumos) y salidas (resultados) del proyecto.
- 3) Calcular los costos y beneficios sociales de estas entradas y salidas y,
- 4) Comparar estos beneficios y costos.

³³ Cohen, Ernesto y Franco, Rolando. Evaluación de proyectos sociales. Siglo XXI. Editores.

³⁴ Economía Ambiental. Op. Cit. Pág. 132.



CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Sin embargo, existe un gran problema dentro del Análisis Costo-Beneficio. Existen ciertos costos y beneficios, que no se pueden medir de manera directa en términos monetarios (como por ejemplo, el valor del aire no contaminado). Por lo tanto, tendremos algunos cálculos que serán intangibles.

En este capítulo, se realizó una reseña histórica de los fundamentos teóricos del Análisis Costo-Beneficio (ACB), considerando la teoría económica que proporcionaron autores como Marshall, Pareto, J. R. Hicks, N. Kaldor, E. J. Mishan, Mckean, Ian Little, James Mirrlees, Arrow, David Pearce, William Jack Baumol y W. Oates.

También se mencionan los antecedentes del ACB. Cabe aclarar por un lado que los fundadores del ACB, fueron Dupuit, en el siglo XIX, Eckstein, Mckean y Krutilla, en 1950 (quienes trataron de formalizar criterios de inversión pública en relación a los criterios establecidos por la economía del bienestar). Actualmente, los autores más importantes son Little y Mirrlees. Por otro lado, fue en Francia donde se contemplaron por primera vez los aspectos intelectuales del ACB.

Finalmente, se señalan todos los elementos que hay que tener en cuenta para poder utilizar la técnica del ACB, con la finalidad de elegir la mejor decisión de inversión de un proyecto económico-social determinado.

En el siguiente capítulo, hacemos mención de las dos formas en que los combustibles contaminan a la atmósfera. La primera, se origina por la quema de millones de litros de combustibles fósiles y, la segunda y más importante, para propósito de este estudio, es que en estado líquido a temperatura ambiente, los combustibles desprenden vapores que contaminan el aire que todos respiramos.

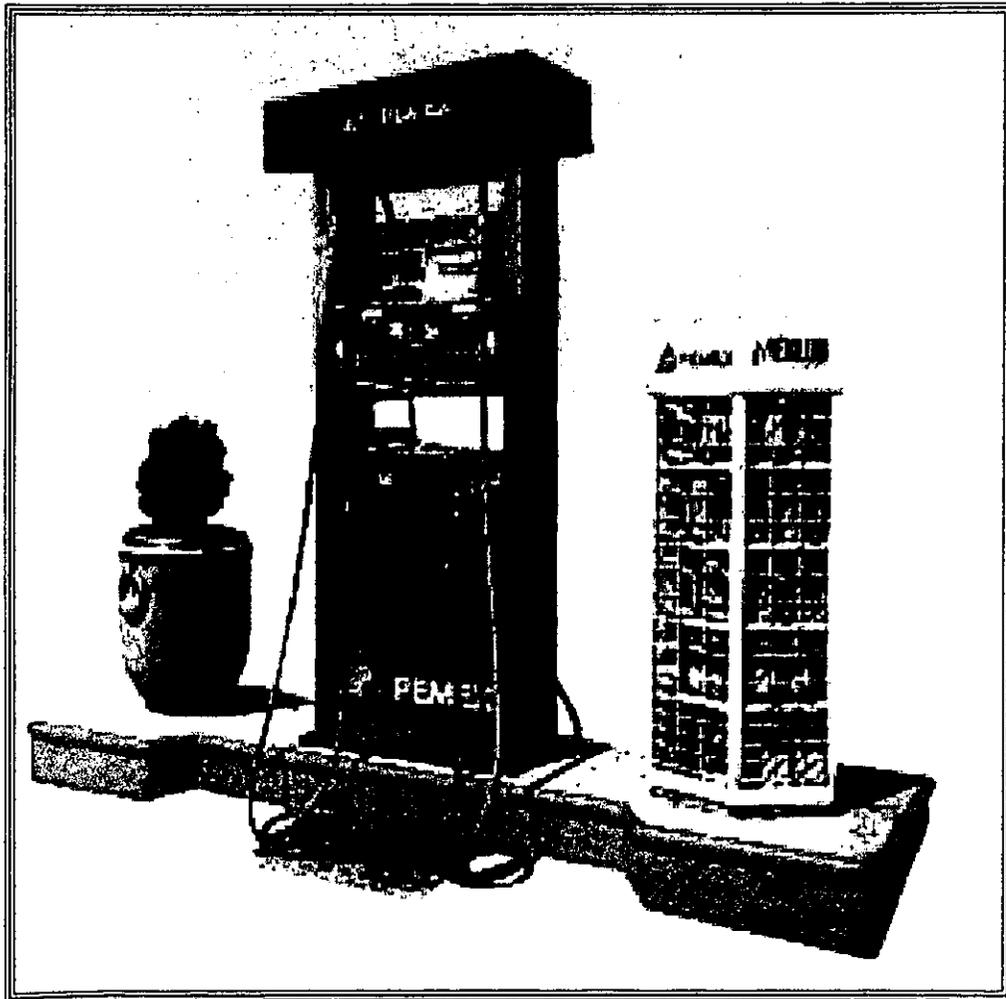
CAPÍTULO 3

COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES

PEMEX Magna
MAGNA

PEMEX Premium

PEMEX Diesel





CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



INTRODUCCIÓN

Para que una sustancia pueda usarse como combustible, se necesita naturalmente que arda, pero también que sea barata. Además, el combustible debe producir mucho calor al arder.

A continuación, proporcionamos una lista de 12 combustibles de los que más se usan:

Gasolina
Petróleo
Kerosene
***Antracita**
***Hulla**
Coque

Carbón vegetal
Alcohol
***Madera**
***Turba**
***Gas natural**
***Gas de hulla**

En esta misma lista, se verá que un combustible puede ser sólido, líquido o gaseoso. Los líquidos y los gaseosos tienen la ventaja de no dejar cenizas, aunque produzcan humo como los sólidos.

Todos los materiales de la lista dan calor suficiente para ser considerados como combustibles, pero unos son mejores que otros. Una tonelada de hulla, por ejemplo, produce el doble de calor que una tonelada de turba.

Los que están marcados con un asterisco son combustibles naturales. Los otros son fabricados; la gasolina, el petróleo y el kerosene provienen del petróleo crudo.

El coque y el gas de hulla, de la hulla. El carbón vegetal y casi todos los alcoholes combustibles se obtienen de la madera.

El gas natural y el de hulla, son preferidos para estufas y hornos, porque son limpios y fáciles de manejar; no dejan ceniza ni hollín.

3.1 COMBUSTIBLES FÓSILES.

A continuación, se menciona una reseña histórica del porqué el siglo XIX, fue marcado por un acontecimiento muy importante para la humanidad: el uso de combustibles fósiles.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



La primera energía que el hombre supo utilizar fue...” la fuerza de sus brazos “, como dice la expresión popular, es decir; la energía muscular de los hombres y animales.

Se inventó posteriormente, la rueda hidráulica para explotar la energía de los cursos de agua. Más tarde, las velas y los molinos utilizaron la del viento. Con el invento de la máquina de vapor en el siglo XVIII, el hombre aprendió a utilizar combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo) para producir energía mecánica.

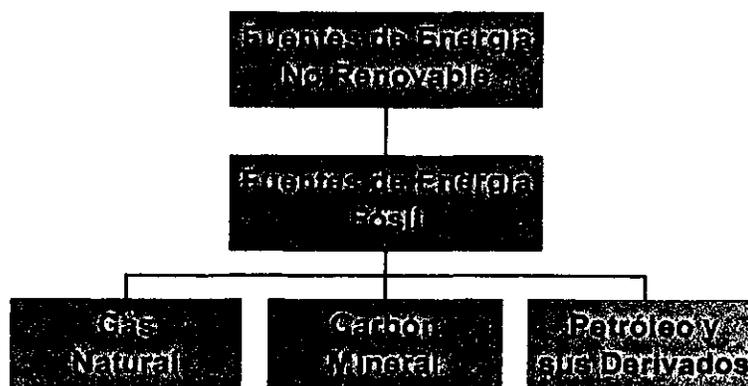
Las máquinas de vapor eran de “ combustión externa “. Este concepto implica que la fuente de calor que se utilice no es muy importante, siempre que cumpla con ciertos requisitos. Así, una máquina de vapor que puede funcionar con leña, también puede hacerlo con carbón o con petróleo.

Hacia mediados del siglo XIX se inventaron los primeros motores de combustión interna. Estos requieren un combustible muy específico para funcionar. Con el tiempo, debido a razones técnicas y económicas, los motores de combustión interna, principalmente los de gasolina y diesel, se hicieron cada vez más seguros, confiables, económicos y, por tanto, abundantes. Aparecieron también otras máquinas térmicas, como las turbinas y los motores a reacción, que también consumen combustibles muy específicos. Fue así, como nuestra sociedad se fue haciendo extraordinariamente dependiente de los combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles, comprenden principalmente, el petróleo y sus derivados (gasolinas, diesel, turbosina, etc), el gas natural y el carbón mineral.

Sabemos que existen muchas alternativas energéticas, tales como la energía geotérmica, la nuclear, la solar, la hidráulica, etc. Las 2 primeras pertenecen a las fuentes de energía no renovables y las otras 2, a las fuentes de energía renovable. No es nuestro objetivo explicar cada una de ellas, sin embargo; a continuación se presenta en el Esquema 2, la estructura de las fuentes de energía no renovables, ya que en esa fuente se encuentran los combustibles automotrices que nos interesan, tales como las gasolinas y el diesel.

ESQUEMA 2





CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



3.2 LA GASOLINA.

El petróleo bruto no se utiliza tal y como brota de la tierra, sino que es refinado previamente. Esta operación se efectúa en las refinerías y consta de varias fases: las más importantes son la destilación y el cracking (descomposición por el calor). La refinación permite obtener, a partir del petróleo, un gran número de productos, gasolina, diesel, gasóleo, etc; que pueden ser utilizados en estado natural, o que son la base de otras transformaciones industriales.

Además de la instalación de destilación, existen una serie de sistemas de depuración que suprime las impurezas contenidas en las fracciones destiladas. La gasolina pasa a una instalación destinada a aumentar su índice de octano¹.

Las cadenas de hidrocarburos se fraccionan, hasta que contienen unos ocho átomos de carbono por cadena (octanos); el aumento del número de octanos, mejora la calidad de combustión de los hidrocarburos, utilizados en los motores de los automóviles. Existe por otro lado, una segunda unidad de destilación para el tratamiento de los residuos, así como también una instalación de cracking. Al final de estas operaciones podemos ver los productos que salen de la refinería.

La fracción del petróleo de mayor demanda es la gasolina. El procedimiento utilizado para obtenerla es el cracking (del inglés to crack, que significa " romper "). En esta operación las grandes moléculas de los hidrocarburos pesados son, efectivamente, rotas por el calor por el efecto de la presión, o por ayuda de sustancias químicas llamadas " catalizadores " ². Se consiguen así las moléculas de los hidrocarburos ligeros: son estas moléculas las que constituyen la gasolina.

Por definición, la gasolina es la mezcla de hidrocarburos líquida, incolora, muy volátil, fácilmente inflamable; empleada como combustible, especialmente en los motores de combustión interna y como disolvente de las grasas.

Sabemos que la gasolina tiene muchos usos: disolvente, agente de limpieza, para la mezcla de pintura, carburante de gases; pero para propósito de este trabajo de

¹ El índice de octano, es la medida de la capacidad antidetonante de una gasolina, necesaria para que se produzca una buena combustión, sin que se produzcan detonaciones o explosiones dentro del motor, originadas por el uso de gasolinas de bajo índice de octano, lo que además presenta una disminución en la potencia y el rendimiento de los motores, pudiendo inclusive dañar los pistones y los cilindros.

² Los catalizadores, utilizados para el cracking de los productos de petróleo pesados y la fabricación de las gasolinas, son las pastillas compuestas de molibdeno o de platino.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



tesis, nos centraremos en el más importante de todos, como combustibles para motores de combustión interna.

3.3 EVOLUCIÓN DE LAS GASOLINAS AUTOMOTRICES EN MÉXICO.

Así pues, en vista de que los automóviles tienen motores de muy elevada compresión, se entiende que con el tiempo se han tenido que desarrollar gasolinas que resistan grandes presiones y temperaturas sin explotar, es decir; detonar antes de tiempo.

La siguiente clasificación de las gasolinas, nos da la pauta para observar y desarrollar la evolución histórica, que han tenido las gasolinas automotrices en México:

- ❖ Gasolina con plomo
- ❖ Gasolina sin plomo con alto contenido de hidrocarburos aromáticos
- ❖ Gasolina sin plomo con alto contenido de isoparafinas.
- ❖ Gasolinas con aditivos oxigenados (alcoholes y éteres): metanol, etanol, MTBE³ (metil tert – butil éter) y TAME (tert – amil metil éter).

La gasolina se usa en el transporte automotriz desde los años veinte, época en que se inició la producción en serie de vehículos automotores.

En 1938, al formarse Petróleos Mexicanos como consecuencia del acto expropiatorio del 18 de Marzo, el país consumía un solo grado de combustible automotriz con el nombre de gasolina, el cual cumplía con especificaciones muy modestas, de acuerdo con los requerimientos de los motores de aquella época y, que se satisfacían con 57 octanos, índice que mide su capacidad antidetonante.

Esta gasolina se preparaba con 3 ml/Gal. máximo de tetraetilo de plomo, aditivo utilizado para incrementar su octanaje.

En 1940, apareció en el mercado la primera gasolina formulada por Pemex, a la que se denominó Mexolina. La calidad del combustible se mejoró al incrementar su índice de octano a 70 mínimo.

En 1950, siguiendo las tendencias y requerimientos automotrices, se ofreció la Supermexolina. Sus cambios esenciales fueron, el incremento en el octano a 80

³ "El gobierno del Distrito Federal, demandó a Pemex, retirar de las gasolinas (Pemex Magna, Pemex Premium), que se vende en el D.F. la sustancia denominada MTBE, ya que detectó que ésta ha contaminado una parte de los mantos acuíferos, de los que se extrae el agua para consumo humano en la capital, además de que podría generar cáncer, asma o efectos neurológicos en la población. La alternativa que propone el GDF para sustituir el MTBE, es el ETANOL ". Adrián Castillo y Elva Bravo; Crónica, 25 de octubre del 2000.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



mínimo, aunque para lograrlo se aumentó el contenido de tetraetilo de plomo hasta 4 ml/Gal. máximo.

Es importante señalar que en ese tiempo no se tenían los graves problemas actuales de contaminación en el medio ambiente, dado que era bajo el número de vehículos en circulación.

A partir de 1956, con la aparición en el mercado de autos equipados con motores de mayor compresión, fue necesario elaborar una nueva gasolina con mayor octanaje: Gasolmex, de 90 octanos.

En 1966, con la llegada de vehículos con alta relación de compresión, fue necesario elaborar una nueva gasolina de más alto octanaje a la que se le llamó, Pemex 100, de 100 octanos RON⁴.

Por otra parte, y continuando con la reseña histórica de las gasolinas, el turismo proveniente de los Estados Unidos, que se internaba en México en automóviles diseñados para usar gasolinas de alto octano sin plomo, hacían necesario ofrecer otras alternativas.

Fue así como se desarrollaron 2 nuevas gasolinas, la Nova con 81 octanos y 3.5 ml de tetraetilo de plomo/Gal. máximo y, la Extra con plomo, de 94 octanos RON y 3.5 ml TEP/Gal. máximo en 1973, pasando posteriormente a la Extra sin plomo en 1974, con 92 octanos y 0.05 gr. Pb/Gal. máximo, que sustituyeron a las 4 anteriores (Mexolina, Supermexolina, Gasolmex y Pemex 100).

A partir de 1982, sin sufrir cambios importantes en su composición básica, la gasolina Nova se formuló con el fin de reducir el uso de tetraetilo de plomo, lo que permitió, solo en la Ciudad de México, disminuir el impacto ambiental por concepto de plomo en 3,240 toneladas por año.

En 1986, como resultado de los estudios para el mejoramiento de la calidad en las gasolinas y, con el fin de reducir la contaminación ambiental en las grandes urbes, se desarrollaron 2 nuevas gasolinas, la Nova Plus y la Extra Plus, teniendo la

⁴ Existen dos maneras de determinar el número de octano de una gasolina: la primera conocida por las siglas RON (Research Octane Number), es una prueba que determina el desempeño de la gasolina en el motor, bajo condiciones de operación moderadas y sin carga pesada. La segunda, cuyas siglas de identificación son MON (Motor Octane Number), es una prueba que simula la operación de un motor en condiciones severas, altas velocidades y cargas elevadas.

A fin de poder establecer el desempeño de la gasolina en los vehículos bajo cualquier condición de operación, en el ámbito internacional, se emplea un parámetro que se denomina Índice de Octano, el cual se obtiene como la mitad de la suma de RON más el MON (su identificación internacional es $(R + M) / 2$).



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



Nova, un rango en el contenido de tetraetilo de Pb de 0.5 y 1.0 ml/Gal. para el área metropolitana y, la Extra 0.05 grs. Pb/Gal. máximo.

Otro cambio relevante fue la incorporación de un aditivo detergente⁵, que de acuerdo con extensas pruebas de flotilla realizadas, ha permitido una disminución en la emisión de contaminantes a la atmósfera, de 38% de monóxidos de carbono y 40% de hidrocarburos no quemados.

En 1991, y avanzando en nuestro continuo esfuerzo para proteger el ambiente, apareció la gasolina Magna Sin, la partícula Sin significa que es una gasolina sin plomo; su especificación es de 0.01 gr. Pb/Gal. máximo.

Aquí es importante señalar que se introducen nuevos conceptos para el octano, el octano RON (con 92) paso a ser secundario en esta gasolina y, solo se indica reportar el octano MON con 82 mínimo y, el índice de octano (R + M)/2 con 87 mínimo, que en realidad es un promedio de los octanos RON (R) y MON (M) y viene a significar el comportamiento del octano en carretera.

Para la ciudad de México, la gasolina Magna Sin Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), también es una gasolina sin plomo, con una nueva formulación donde se introdujo el uso del MTBE y de Alquizado ligero⁶, que permite controlar el contenido de aromáticos a 30% máximo, el de olefinas a 15% y el benceno⁷ a 2%.

Al mismo tiempo que aparece la Magna Sin, se reformula también la Nova Plus con MTBE y Alquizado ligero, con un contenido de tetraetilo de plomo de 0.2 a 0.3 ml/Gal. para la Zona Metropolitana, se controlan los aromáticos a 30% máximo, las olefinas a 15% máximo y el benceno a 2% máximo.

En el invierno de 1993, aparece la Magna Sin ZMVM para el período invernal vigente del primero de diciembre de 1993 al 31 de marzo de 1994, donde se

⁵ Estos productos se incorporan a las gasolinas para prevenir, controlar y evitar la formación de depósitos en los motores, situación que se traduce en el incremento de emisiones contaminantes, resultado de una operación ineficiente.

⁶ El MTBE, es un compuesto oxigenado que mejora la combustión de la gasolina dentro del motor, bajando la emisión de hidrocarburos no quemados a la atmósfera. Además de lo anterior el MTBE aumenta el octano en la gasolina. El Alquizado ligero, es un componente de alto octano que normalmente se usaba para gasolinas de aviación libres de azufre, aromáticos, olefinas y benceno.

⁷ En cuanto a los aromáticos, olefinas y benceno, se controlan porque los dos primeros promueven la formación de depósitos en el motor, situación que se traduce en la generación de emisiones de hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno, respecto al benceno, este se controla por ser un compuesto precursor del cáncer en los seres humanos.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



reducen las olefinas del 15 al 12%, teniendo un abatimiento del 20%, el benceno de 2.0 a 2.5%, representando una reducción del 25%.

En la misma fecha apareció la Nova plus ZMVM para período invernal, donde se bajaron los aromáticos del 30 a 25% con una reducción del 17%, las olefinas del 15 a 12% con una reducción del 20%. El benceno se redujo del 2 al 1.5%, representando 25% y, el contenido del TEP en ml/Gal. de 0.2/0.3 a 0.1/0.2% con una reducción del 50%.

En 1994, para satisfacer la demanda de la frontera norte, con una gasolina con características semejantes a la de los estados fronterizos de los Estados Unidos, apareció la gasolina Magna Sin ZFN, cuya especificación es similar a la de la Magna Sin, variando su volatilidad en forma estacional.

3.4 ESFUERZO CONTINUO DE LA INDUSTRIA PETROLERA Y AUTOMOTRIZ, PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LAS EMISIONES DE LOS AUTOS.

Ya habíamos señalado que el uso de combustibles fósiles, representó un acontecimiento muy importante para la humanidad en el siglo XIX, sin embargo; podemos agregar otro no menos importante como fue la " creación del automóvil " en el siglo XX.

Nos dimos cuenta que resultaría difícil comprender la evolución de las gasolinas en México, sin hacer referencia a los avances logrados por la industria automotriz a través del tiempo. De hecho las actividades de refinación de petróleo y de manufactura de automotores, han mantenido una estrecha interrelación en el transcurso del siglo.

Fue en los años sesenta, cuando a la industria americana automovilística se le presentan los problemas más graves, que se referían a la calidad del medio ambiente y a la seguridad de los automóviles. Comenzó a admitirse que el automóvil estaba contribuyendo significativamente a la contaminación del aire. El Estado reguló a través de la Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del Medio Ambiente), el tipo de humos que podía expulsar un automóvil, lo que llevó a introducir modificaciones en los diseños.

En el año de 1973, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), aunó sus esfuerzos para reducir la oferta de petróleo, provocar una escasez y elevar así su precio. Su poder sorprendió a muchos, incluida la industria americana del automóvil. En ese entonces los automóviles americanos tendían a ser más grandes y pesados que los japoneses y europeos.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



Desde la década de los años treinta hasta la década de los sesenta, el énfasis de la industria automotriz consistió, en elevar la eficiencia térmica de los motores para lograr un mayor aprovechamiento de la energía empleada. Los motores se caracterizaron por detentar mayores relaciones de compresión y, ello exigió de la industria petrolera producir gasolinas con números de octano cada vez mayores. En consecuencia, durante esos años se hizo uso extensivo de fuentes económicas de octano, particularmente de tetraetilo de plomo.

Así mismo, fue necesario sofisticar la configuración de los procesos de refinación, alejándose cada vez más de la simple destilación del petróleo crudo.

A partir de los ochenta, los efectos de la combustión sobre el medio ambiente, empezaron a cobrar una importancia creciente, hasta entonces difíciles de imaginar.

Debido principalmente a la quema de combustibles, se lanzan a la atmósfera gases de bióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x), los cuales reaccionan químicamente con el vapor de agua y otras sustancias de la atmósfera, para formar ácidos sulfúrico (H_2SO_4) y nítrico (HNO_3), 2 ácidos fuertes que cuando caen a la superficie mezclados con el agua de lluvia, producen una disminución en el ph^8 de la lluvia, por debajo de 5.0 lo cual es conocido como lluvia ácida⁹.

La introducción en México de la gasolina sin plomo en 1990, permitió a la industria automotriz, la incorporación de los convertidores catalíticos¹⁰ en los vehículos 1991 y posteriores; logrando un esfuerzo conjunto de la industria petrolera y automotriz, para reducir el impacto de las emisiones de los autos.

La industria automotriz, lanzó al mercado nuevos motores Diesel con mayor relación de compresión, potencia y alto rendimiento, exigiendo, así mismo, combustibles adecuados a estos equipos, por lo que Pemex Refinación puso a la

⁸ El ph , es una escala que va de 0 a 14 y nos indica que tan ácida o alcalina es una sustancia.

⁹ La lluvia ácida, es toda agua de lluvia cuyos valores de ph son inferiores a los de la lluvia normal. La lluvia ácida constituye un indicador de la calidad del aire, mediante la medición de algunos parámetros en el agua de lluvia, podemos saber que tan contaminada está nuestra atmósfera y, qué tan eficaces han sido las medidas para combatir la emisión de contaminantes, precursores de lluvia ácida (óxidos de nitrógeno y azufre).

¹⁰ Es un aditamento que tiene la forma de panel, en donde cada celda contiene catalizadores de platino, rodio y otros metales, cuya función es la de convertir las emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno, de carbono e hidrocarburos provenientes de la combustión de las gasolinas en el motor, en otros compuestos no tóxicos y menos contaminantes, mediante reacciones químicas que se producen a elevadas temperaturas.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



disposición del moderno parque vehicular, el combustible Pemex Diesel, con bajo contenido de azufre, aromáticos e índice de cetano.

En los noventa, las autoridades ambientales tanto en las economías industrializadas como en México, imponen restricciones sobre otros parámetros, que contribuyen al deterioro de la calidad del aire. Estas restricciones han dado lugar a reformular las gasolinas, lo que significa limitar el uso de algunas fuentes de octano, que derivan en modificaciones indeseables en algunas de las propiedades de las gasolinas.

Los países industrializados fueron los primeros en adherirse a especificaciones cada vez más estrictas. Sin embargo, México no se ha rezagado en esta práctica. Ello ha demandado, un significativo esfuerzo por parte de Petróleos Mexicanos, que al día de hoy ofrece un paquete de combustibles automotrices de muy alta calidad, como se constata a continuación.

3.5 NUEVA CALIDAD DE GASOLINAS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM).

3.5.1 REFORMULACIÓN DE GASOLINAS.

La gasolina reformulada, es gasolina sin plomo, en la que se limita de manera importante el contenido de compuestos volátiles, aromáticos, benceno y azufre - presentes en las misma - y, se establece un requerimiento mínimo de oxigenantes.

3.5.2 BENEFICIOS POR UTILIZAR GASOLINA REFORMULADA.

Estudios realizados por la Sociedad de Ingeniería Automotriz de los Estados Unidos (SAE), para medir los efectos de la gasolina reformulada, señalan que los beneficios que se logran en vehículos equipados con convertidor catalítico de 3 vías computarizado, consisten en reducir drásticamente las emisiones de hidrocarburos hasta 40%, monóxido de carbono hasta 22% y, óxidos de nitrógeno hasta 17%, con respecto al nivel de contaminantes que emiten estos vehículos al usar una gasolina sin plomo no reformulada.



**CAPITULO 3
COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES**



3.5.3 GASOLINA PEMEX MAGNA REFORMULADA (PMR).

El 1 de octubre de 1996, Pemex-Refinación a solicitud de las autoridades ambientales locales y federales, introdujo al Valle de México, una nueva calidad de la gasolina sin plomo (a la que por cuestiones de registro de marca, se cambió el nombre de Magna Sin por Pemex Magna Reformulada).

De acuerdo a estudios realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), la introducción de la gasolina Pemex Magna Reformulada, traerá importantes reducciones en la emisión de contaminantes, además aseguran que esta gasolina tiene menor volatilidad¹¹ y presión de vapor, disminuyendo su evaporación (Ver Cuadro 7).

**CUADRO 7
GASOLINA REFORMULADA**

	PEMEX MAGNA ZMVM
Oxígeno (% peso)	2.0 máx.
Octano (R + M)/2 (min.)	87
Presión de vapor Reid (psi)	6.5-7.8
Azufre (% peso)	0.05
Benceno (% vol. máx.)	1.0
Aromáticos (% vol. máx.)	25
Olefinas (% vol. máx.)	10

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE), Environmental Protection Agency (EPA). American Society for Testing and Materials (ASIM), American Automobile Manufacturer Association (AAMA).

El beneficio que recibirá la población como resultado de la introducción de gasolina Pemex Magna Reformulada, en sustitución de la Magna Sin, equivaldrá en un inicio, a reducir 12% las emisiones de hidrocarburos – HC – y 4% las emisiones de óxidos de nitrógeno - NO_x - .

¹¹ La volatilidad de la gasolina, determina el tipo de dispositivos que deberán instalarse en los tanques de almacenamiento, con el fin, de reducir las pérdidas por evaporización y, a su vez, la de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, considerados precursores de la formación de ozono en las zonas urbanas.

La volatilidad de una gasolina, está determinada por tres parámetros: la curva de destilación, la presión de vapor y la relación vapor/líquido.

La volatilidad de una gasolina, debe ser tal que permita que esta se vaporice adecuadamente en la cámara de combustión, a fin de lograr un mezclado efectivo de la mezcla aire-combustible, de tal forma, que se obtenga el máximo aprovechamiento del combustible en el motor.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



El efecto esperado en el Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, al utilizar gasolina Pemex Magna reformulada (toneladas por día), se muestra en el Cuadro 8.

**CUADRO 8
BENEFICIOS POR LA UTILIZACIÓN DE PEMEX MAGNA REFORMULADA**

	MAGNA SIN	PEMEX MAGNA REFORMULADA	POR CIENTO DE REDUCCIÓN
Emisiones escape HC	122.6	118.9	3.0
Emisiones evaporativas HC	89.0	67.3	24.4
Emisiones totales de HC	211.6	186.2	12.0
Emisiones de NOx	56.7	54.3	4.2

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE), Environmental Protection Agency (EPA). American Society for Testing and Materials (ASIM), American Automobile Manufacturer Association (AAMA).

Hemos llegado al punto central de este trabajo de Tesis, el cual es mostrar que la gasolina, cuenta con una alta presión de vapor; sus componentes más ligeros tienden a pasar de la fase líquida a la fase vapor, durante las diversas operaciones y maniobras a las que son sometidas por ejemplo, durante su almacenamiento, distribución y su comercialización o venta al público.

Es así, como Pemex Refinación estableció programas específicos, para minimizar la emisión de hidrocarburos gaseosos, que se fugan a la atmósfera, como es el caso de suministrar gasolinas con menor volatilidad, otro, la instalación de techos flotantes en los tanques de almacenamiento y un tercero, es la recuperación de vapores (Ver Capítulo 5) en las gasolineras, durante el suministro y, que los tanques de gasolina de vehículos tengan tapas con sello hermético, lo mismo que los recipientes usados para transportar o almacenar disolventes.

3.5.4 GASOLINA PEMEX PREMIUM REFORMULADA (PPR).

Como parte del compromiso asumido por Pemex Refinación, de ofertar al país combustibles más amigables con el medio ambiente, el 6 de diciembre de 1996 se introduce al mercado de la ZMVM la gasolina Pemex Premium Reformulada, con características similares a la Pemex Magna Reformulada; esto es, se establecen máximos en su contenido de aromáticos, olefinas, benceno, azufre y en su volatilidad, medida a través de su presión de vapor (Ver Cuadro 9).



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



**CUADRO 9
GASOLINA REFORMULADA**

	PEMEX PREMIUM ZMVM
Oxígeno (% peso)	1.0 -2.0
Octano (R + M)/2 (min.)	93*
Presión de vapor Reid (psi)	6.5-7.8
Azufre (% peso)	0.05
Benceno (% vol. máx.)	1.0
Aromáticos (% vol. máx.)	25
Olefinas (% vol. máx.)	10

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE), Environmental Protection Agency (EPA) . American Society for Testing and Materials (ASIM), American Automobile Manufacturer Association (AAMA).

* NOTA: Como parte de las medidas de mejoramiento de calidad de los productos en el Valle de México, a partir del 1° de julio de 1997, se establece un nuevo límite mínimo en índice de octano de la gasolina Pemex Premium reformulada, pasando del valor vigente de 92 a 93 octanos, situación que se traduce en un mejor desempeño del combustible en los vehículos de alta relación de compresión, que comercializan en nuestro país en años recientes y, que redundará en menores emisiones contaminantes por kilómetro recorrido.

3.5.5 EL DIESEL.

El diesel, es un combustible hidrocarburo, derivado de la destilación atmosférica del petróleo crudo.

Se consume principalmente, en máquinas de combustión interna de alto aprovechamiento de energía, con elevado rendimiento y eficiencia mecánica.

Su uso se orienta principalmente como energético, en el parque vehicular equipado con motores diseñados para combustible diesel, tales como camiones de carga de servicio ligero y pesado, autobuses de servicio urbano y de transporte foráneo, locomotoras, embarcaciones, maquinaria agrícola, industrial y de la construcción (grúas, tractores, aplanadoras, entre otros).



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



3.5.6 PEMEX DIESEL.

Desde 1996, Pemex Refinación ha venido elevando la calidad del diesel, reduciendo gradualmente los niveles de azufre¹², hasta llegar en la actualidad a un contenido máximo de 0.5% para el diesel desulfurado y, de 0.5% para el Pemex Diesel, este último con un contenido de aromáticos del 30% y con un índice de cetano¹³ desde 52 hasta 55, superando a las especificaciones de este combustible producido en otros países, colocándose a la vanguardia del mercado mundial (Ver Cuadro 10).

**CUADRO 10
COMPARACIÓN DEL PEMEX DIESEL CON ESTÁNDARES INTERNACIONALES**

	CONTENIDO DE AZUFRE (% EN PESO)	NÚMERO DE CETANO
Pemex Diesel Promedio	0.03	55.0
EUA-EPA	0.03	44.0
CARB	0.03	48.6
Prom. Europa	0.09	50.5
Japón	0.13	53.2

Fuente: Winter Diesel Fuel Quality Survey. Worldwide 1996. Paramins.
Los valores para México corresponden a Pemex Diesel.

¹² Un parámetro importante es el contenido de azufre, su efecto se manifiesta en un desgaste de la máquina. A menor contenido de este elemento, el combustible es más limpio y menos contaminante.

¹³ El índice de cetano, es la medida de la calidad de ignición y capacidad antidetonante del diesel y, es indicativo del grado de eficiencia de la combustión de este energético en el motor, de forma tal, que se produzca la máxima cantidad de energía aprovechable.



CAPITULO 3 COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES



En este apartado se mostraron 3 aspectos importantes: primero, que la refinación del petróleo es una de las industrias de transformación más importantes en México, debido a que provee insumos básicos para la producción (combustibles) a las diversas ramas industriales del país. Segundo, que uno de los principales productos de la refinación del petróleo, es la gasolina. En este punto, se menciona el proceso por medio del cual se obtiene la gasolina y, se define el concepto de la misma y, tercero, que el uso principal de la gasolina es como combustible para los motores de combustión interna. Aquí, se presentan las diferentes etapas históricas por las que ha pasado la gasolina en nuestro país y se da a conocer la tecnología de las nuevas gasolinas, se señala que las industrias automotriz y petrolera están muy relacionadas, ya que la mejora de motores, como la calidad de los combustibles, son elementos muy ligados. Se demuestra que la gasolina a través de su evaporación y sus productos de combustión, es la mayor contribuyente a la contaminación del aire urbano.

Para evitar este daño que se ha causado a la atmósfera, se describen finalmente, una serie de especificaciones técnicas que tienen que cumplir tanto las gasolinas Pemex Magna y Premium, como el Pemex Diesel. Esto se refiere al número de Octano y Cetano respectivamente.

En la actualidad, las consideraciones de protección ambiental, han incorporado más requerimientos, limitándose, por ejemplo en las gasolinas, el contenido del azufre, el benceno, las olefinas y los aromáticos, la presencia de compuestos oxigenados e inclusive la presión de vapor (que debe limitarse, para reducir las emisiones evaporativas, generadas en las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex).

En el siguiente capítulo, se describen las características principales de estos centros de distribución de combustibles.

CAPÍTULO 4

TERMINALES DE ALMACENAMIENTO

Y

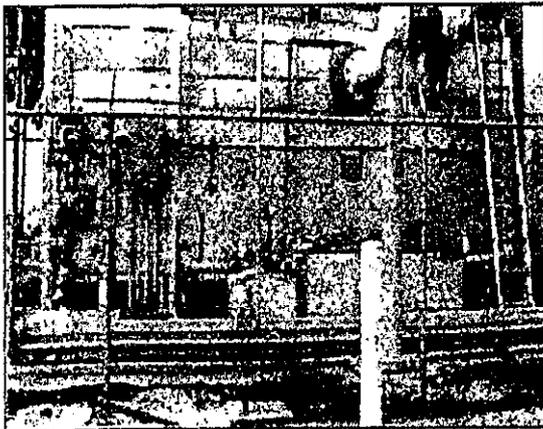
DISTRIBUCIÓN DE LA ZMVM



AÑIL



AZCAPOTZALCO



BARRANCA DEL MUERTO



SAN JUAN IXHUATEPEC



**CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM**



INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico e industrial de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ha tenido como uno de sus principales efectos, el mayor consumo de energéticos para satisfacer las crecientes necesidades de transporte y operación de la planta industrial.

Conforme al inventario de emisiones de 1996, el sector transporte, es responsable del 21.29% de las emisiones de SO₂ , 99.56% de CO, 69.95% de las de NO_x y 33.35% de HC (Ver Cuadro 3).

Con los datos anteriores, se corrobora que el uso de los vehículos automotores, constituye la principal fuente de emisiones contaminantes en el Valle de México. Sin embargo, otra fuente no menos importante, se debe al proceso de almacenar y distribuir combustibles líquidos.

Durante los procesos de almacenamiento y distribución de gasolinas, se emiten una serie de contaminantes agrupados genéricamente como compuestos orgánicos volátiles (COV ' s), que se generan por el manejo de combustible, es decir; durante su almacenamiento en terminales de recibo y distribución de Pemex, la carga de autotanques y distribución en estaciones de servicio.

En el Cuadro 11, se muestran las emisiones de (COV ' s) por la distribución de gasolina:

**CUADRO 11
EMISIONES DE COV ' s EN (TON / AÑO) POR DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA EN LA
ZMVM.**

AÑO	ZONA	
	D.F.	EDO. - MEX.
1992	10,601.80	7,849.20
1994	8,348.40	5,272.60
1996	1,049.28	6,313.53
1998	316.87	202.22

Fuente: Comisión Metropolitana Para la Prevención de la Contaminación en el Valle de México.

En la actualidad, en la ZMVM, se consume en promedio 37 millones de litros de combustible al día, siendo los vehículos automotores los consumidores del 56.1%.

De acuerdo con el inventario de emisiones de 1996, se estima que en la ZMVM, circulan 3,157,874 vehículos, aunado a esto, la extensión de la marcha urbana, obliga que sus habitantes se desplacen distancias cada vez mayores para cumplir con sus actividades cotidianas.



CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM



En los Cuadros 12, 13 y 14, se indica el consumo de combustibles (Pemex Magna, Pemex Premium y Pemex Diesel), en la ZMVM.

CUADRO 12
PEMEX MAGNA EN [MM lts/mes]

MES/AÑO	1996	1997	1998	1999	2000
ENERO	173,185	339,101	507,340	472,959	380,030
FEBRERO	173,210	327,847	472,190	463,490	376,833
MARZO	249,082	359,502	517,890	528,414	402,364
ABRIL	230,900	378,087	485,470	478,215	
MAYO	257,053	437,423	502,440	507,107	
JUNIO	244,878	442,582	507,340	505,128	
JULIO	256,248	487,756	514,180	507,807	
AGOSTO	261,228	513,432	505,850	484,012	
SEPTIEMBRE	257,641	517,183	506,420	502,494	
OCTUBRE	309,405	538,890	534,890	504,105	
NOVIEMBRE	335,825	500,175	492,850	505,491	
DICIEMBRE	343,963	545,122	519,790	531,180	
TOTAL	3,092,618	5,387,100	6,066,650	5,990,402	1,159,227

Fuente: Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México.



CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM



CUADRO 13
PEMEX PREMIUM EN [MM lts/mes]

MES/AÑO	1996	1997	1998	1999	2000
ENERO	0	6,130	27,700	26,277	44,867
FEBRERO	0	8,065	27,530	27,781	48,271
MARZO	0	9,835	30,790	33,637	53,196
ABRIL	0	11,640	29,870	30,730	
MAYO	0	14,025	32,750	32,407	
JUNIO	0	15,243	35,060	33,799	
JULIO	0	16,420	34,770	40,411	
AGOSTO	0	17,626	35,190	40,406	
SEPTIEMBRE	0	19,523	38,960	44,585	
OCTUBRE	0	22,491	39,350	45,571	
NOVIEMBRE	0	23,775	34,940	46,172	
DICIEMBRE	5,020	27,595	38,200	51,991	
TOTAL	5,020	192,368	405,110	453,767	146,335

Fuente: Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México.



CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM



CUADRO 14
PEMEX DIESEL EN [MM lts/mes]

MES/AÑO	1996	1997	1998	1999	2000
ENERO	72,714	94,114	105,380	107,436	107,388
FEBRERO	74,690	101,135	99,840	100,279	109,390
MARZO	99,625	100,074	111,110	119,052	118,246
ABRIL	96,043	106,949	107,860	109,568	
MAYO	102,718	109,343	112,480	113,499	
JUNIO	96,214	103,022	112,850	115,210	
JULIO	105,229	112,894	115,940	117,648	
AGOSTO	105,313	110,624	113,410	111,405	
SEPTIEMBRE	96,600	104,698	107,520	113,111	
OCTUBRE	108,264	113,550	114,890	114,337	
NOVIEMBRE	103,354	104,564	111,140	116,197	
DICIEMBRE	102,119	109,601	113,490	119,357	
TOTAL	1,162,883	1,270,568	1,325,910	1,357,098	335,024

Fuente: Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México.



CAPÍTULO 4 TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA ZMVM



Las Terminales de Almacenamiento y Distribución, reciben, almacenan y distribuyen, los combustibles antes mencionados (Pemex Magna, Pemex Premium y Pemex Diesel), que llegan al consumidor final, a través de las estaciones de servicio¹.

La Zona Metropolitana del Valle de México, cuenta con 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución, en donde la demanda de combustibles que se atiende, es principalmente de origen industrial y de transporte, teniendo como premisa la preservación del medio ambiente y, su interrelación con los habitantes de su entorno.

Las 4 Terminales de Petróleos Mexicanos son: Añil, ubicada en la delegación Iztacalco, en el Distrito Federal, construida en una superficie de 135,748 m² y, libre de asentamientos humanos, " 18 de Marzo ", ubicada en la delegación Azcapotzalco; Terminal Satélite Sur, en la delegación Álvaro Obregón en el Distrito Federal, que garantiza la distribución de hidrocarburos en el área sur de la Ciudad de México y, finalmente la Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Norte, ubicada en el municipio de Tlalnepantla de Baz, en el Estado de México.

Los combustibles, son recibidos por ductos en la terminal de Azcapotzalco y, distribuidos por el mismo medio hacia las otras terminales.

Cada terminal, cuenta con una flotilla de autotanques, que distribuyen los combustibles a las 480 estaciones de servicio y autoconsumo, localizadas en la ZMVM.

A continuación, mencionamos los datos generales, recepción, almacenamiento, distribución y, reparto de productos de las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución, que se encuentran en la ZMVM.

4.1 DATOS GENERALES DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN SATÉLITE ORIENTE AÑIL.

La Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Oriente Añil, fue inaugurada el día 24 de febrero de 1967, con domicilio en Calle Añil No. 486. Colonia Granjas México, delegación Iztacalco, México D.F. C.P. 08400. Esta construida en una superficie de 135,748 m².

4.1.1 Recepción de productos: Esta planta, recibe actualmente los productos destilados del petróleo de la Ex-Refinería " 18 de Marzo " Azcapotzalco. Se

¹ Una estación de servicio urbana, es un establecimiento destinado para la venta de gasolinas y diesel al público en general, así como la venta de aceites y otros servicios complementarios.



**CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM**



reciben estos productos a través de 2 poliductos de 8" de diámetro, para Pemex Magna y Pemex Premium y otro de 12" de diámetro para Pemex Diesel.

Se rebomban estos productos por el poliducto de 8" de diámetro, a la agencia de ventas de la Ciudad de Cuernavaca, Mor. La terminal, recibe un promedio de 57,000 bls/diarios, de ellos, un 24% corresponden a gasolina Pemex Premium, un 60% a Pemex Magna y un 16% a Pemex Diesel. Estos se almacenan en 3 tanques² cuya capacidad operativa total es de 93,000 bls. Como se observa en el Cuadro 15.

**CUADRO 15
RECEPCIÓN DE PRODUCTOS**

PRODUCTO	CAPTACIÓN DE PRODUCTOS		TANQUES	CAPACIDAD OPERATIVA (BLS)
	Abs	Rel		
Pemex Premium	13,680	24%	1	27,000
Pemex Magna	34,200	60%	1	46,000
Pemex Diesel	9,120	16%	1	20,000
TOTAL	57,000	100%	3	93,000

Nota: La terminal, también cuenta con un tanque para el producto de Contaminados y, tiene una capacidad de operación de 2,800 bls.

4.1.2 Almacenamiento del producto: La capacidad nominal es de 145,000 barriles de productos destilados:

**CUADRO 16
ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO**

TANQUE	PRODUCTO	CAPACIDAD (BLS)
TV-2	Pemex Premium	55,000
TV-3	Pemex Diesel	35,000
TV-8	Pemex Magna	55,000

Nota: La terminal, también cuenta con un tanque para el producto de Contaminados y, tiene una capacidad nominal de 5,000 bls.

² Para disminuir la emisión de vapores a la atmósfera, los 3 tanques en operación, cuentan con membranas flotantes.



CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM



4.1.3 Distribución del producto: La terminal, cuenta con 16 posiciones de llenado de productos destilados:

CUADRO 17
DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

PRODUCTO	Nº DE POSICIONES
Pemex Premium	2
Pemex Magna	9
Pemex Diesel	5

4.1.4 Reparto del producto: La terminal, cuenta con 64 autotanques, modelo 1998 cuya capacidad es de 20,000 lts.c/u.

La comercialización de los productos, se realiza a 6 diferentes tipos de clientes, de los cuales sobresalen las estaciones de servicio locales y, los clientes de autoconsumo.

Para el cumplimiento de las políticas de protección al ambiente, la Terminal de Almacenamiento y Distribución, tiene instalado un Sistema de Recuperación de Vapores (5,000 lts/día promedio), que le permite tener un control en la emisión de hidrocarburos.

4.2 DATOS GENERALES DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN " 18 DE MARZO " AZCAPOTZALCO.

La Terminal de Almacenamiento y Distribución " 18 DE MARZO " Azcapotzalco, obtuvo su terreno por decreto presidencial el 18 de Marzo 1991, el cual menciona el cierre de operaciones de refinación. Únicamente quedó para almacenamiento y distribución de destilados de hidrocarburos, para el área metropolitana.

La terminal fue inaugurada el 29 de noviembre de 1994, como parte del Proyecto Integral Azcapotzalco³.

³ Pemex creó en 1994 un nuevo concepto al desarrollo, que amalgama el bienestar social con la modernidad industrial denominado: Proyecto Integral Azcapotzalco, el cual integra a la Terminal de Almacenamiento y Distribución "18 de Marzo", al Parque Recreativo y finalmente al Parque Ecológico.



**CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM**



La ubicación de la planta es:

Avenida Ingenieros Militares N°. 75
Col. Nueva Argentina
Del.: Miguel Hidalgo
México D.F. C.P. 11230.

4.2.1 Recepción de productos: Esta planta, recibe actualmente los productos destilados del petróleo, a través de 4 poliductos:

**CUADRO 18
RECEPCIÓN DE PRODUCTOS**

Nº.	POLIDUCTO	DIAMETRO (PULG)	PRODUCTO
1	Tula-Azcapotzalco	16	Pemex Magna Pemex Diesel
2	Tula-Azcapotzalco	12	Pemex Diesel Combustible Industrial Turbosina
3	Tuxpan-Azcapotzalco	14	Pemex Premium Pemex Magna
4	Minatitlán-Azcapotzalco	16	Pemex Magna Pemex Diesel

4.2.2 Almacenamiento del producto: La capacidad nominal, es de 1.5 millones de barriles de productos destilados:

**CUADRO 19
ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO**

PRODUCTO	TANQUES	VOLUMEN TOTAL (BLS)
Pemex Premium	2	200,000
Pemex Premium	2	40,000
Pemex Diesel	3	300,000
Pemex Magna	4	400,000
Pemex Magna	2	200,000
Turbosina	3	300,000
Combustible Industrial	2	60,000
TOTAL	18	1,500,000

Nota: La terminal, también cuenta con 2 tanques para el producto Recuperados, cuyo volumen es de 10,500 bls. y, con 1 tanque para el producto de Agua aceitosa, con un volumen de 1,000 bls.



CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM



4.2.3 Distribución del producto: La terminal cuenta con 22 posiciones de llenado de productos destilados:

CUADRO 20
DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

PRODUCTO	Nº DE POSICIONES
Pemex Premium	4
Pemex Diesel	6
Pemex Magna	12

4.2.4 Reparto del producto: Los productos del área de influencia⁴, son abastecidos con sus propias 67 unidades tipo autotanque, con una capacidad de 20,000 lts c/u.

La terminal en Azcapotzalco, abastece de Pemex Magna, Pemex Premium y Pemex Diesel, a las Terminales de Almacenamiento y Distribución de Añil y Barranca del Muerto, en el Distrito Federal y, a la Terminal de San Juan Ixhuatepec en el Estado de México. Mientras que la turbosina, la abastece a Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).

Esta planta cuenta con una Unidad de Recuperación de Vapores (URV's).

4.3 DATOS GENERALES DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN SATÉLITE SUR/BARRANCA DEL MUERTO.

La Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Sur, fue inaugurada el 5 de Julio del año de 1968, con domicilio en la avenida Centenario N° . 301, Colonia Merced Gómez, Del. Alvaro Obregón, México D.F. C.P. 01600.

4.3.1 Recepción de productos: Esta planta, recibe actualmente los productos destilados del petróleo de la Ex-Refinería 18 de Marzo. Se reciben estos productos a través de un poliducto de 8" de diámetro para Diesel y, uno de 12" de diámetro para Pemex Magna y Pemex Premium.

⁴ Las zonas de influencia que comercialmente atiende la terminal son: a las delegaciones Azcapotzalco, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, en el Distrito Federal. Mientras que en el Estado de México a municipios como: Ciudad López Mateos, Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio, Cuautitlán Izcalli, Jaltenco, Melchor Ocampo, Naucalpan, Nextlalpan, Nicolás Romero, Tepotzotlán, Tlalnepantla, Tultepec, Tultitlán, Villa del Carbón y, Zumpango entre otros.



**CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM**



4.3.2 Almacenamiento del producto: La capacidad nominal, es de 60,000 barriles de productos destilados:

**CUADRO 21
ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO**

N°	TANQUE	PRODUCTO	CAPACIDAD OPERATIVA (BLS)	CAPACIDAD NOMINAL (BLS)
1	TV-3	Pemex Magna	17,296	20,000
2	TV-6	Pemex Diesel	17,252	20,000
3	TV-8	Pemex Premium	18,900	20,000
TOTAL	3		53,448	60,000

Nota: La terminal, también cuenta con un tanque para el producto de contaminados y, tiene una Capacidad de operación y nominal de 4,739 y 5,000 bis; respectivamente.

4.3.3 Distribución del producto: La terminal, cuenta con 22 posiciones de llenado de productos destilados:

**CUADRO 22
DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTO**

PRODUCTO	N° DE POSICIONES
Pemex Premium	4
Pemex Magna	12
Pemex Diesel	6

4.3.4 Reparto del producto: Los productos del área de influencia⁵, son abastecidos con sus propias 61 unidades tipo autotanque, con una capacidad de 20,000 lts c/u.

Esta planta cuenta con una Unidad de Recuperación de Vapores (URV ' s).

⁵ Las zonas de influencia que comercialmente atiende la terminal son a las siguientes delegaciones políticas: Álvaro Obregón, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Coyoacán, Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac.



**CAPÍTULO 4
TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
DE LA ZMVM**



4.4 DATOS GENERALES DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN SATÉLITE NORTE (SAN JUAN IXHUATEPEC).

La Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Norte, fue inaugurada el día 24 de abril de 1991, con domicilio en Av. San José No. 44 Col. Presa Tlalnepantla, Estado de México.

4.4.1 Recepción de productos: Los productos que son comercializados en este centro de trabajo son: Pemex Magna, Pemex Premium y Pemex Diesel, suministrados por la Terminal de Almacenamiento y Distribución " 18 de Marzo " Azcapotzalco, a través de un área de ductos, los cuales utilizan poliductos de 12" de diámetro y 16" de diámetro nominal y, de la Refinería Miguel Hidalgo, ubicada en Tula de Allende, Hidalgo, por poliductos 12" de diámetro nominal.

4.4.2 Almacenamiento del producto: Capacidad nominal 200,000 barriles de productos petrolíferos:

**CUADRO 23
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO**

Nº	TANQUE	PRODUCTO	CAPACIDAD OPERATIVA (BLS)	CAPACIDAD NOMINAL (BLS)
1	TV-3	Pemex Diesel	55,000	100,000
2	TV-5	Pemex Magna	80,680	100,000
TOTAL			135,680	200,000

Nota: La terminal, también cuenta con un tanque para un producto fuera de especificación y, tiene una capacidad de operación y nominal de 13,640 y, 20,000 bls respectivamente.

4.4.3 Distribución del producto: 21 posiciones de abastecimiento de productos petrolíferos:

**CUADRO 24
DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTO**

PRODUCTO	Nº DE POSICIONES
Pemex Magna	9
Pemex Diesel	7
Pemex Premium	*5

* A futuro.

4.4.4 Reparto del producto: los productos del área de influencia, son abastecidos con unidades tipo autotanque, los cuales cuentan con una capacidad de 20,000 lts c/u y, se tiene un total de 68 unidades.



CAPÍTULO 4 TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA ZMVM



La comercialización de los productos, se realiza a 101 clientes de los cuales sobresalen las estaciones de servicio y las líneas camioneras.

Esta planta tiene una Unidad Recuperadora de Vapores (URV 's).

En este capítulo, se hace mención de que la generación de contaminantes en su mayor parte, son derivados de los procesos de combustión.

La vinculación del transporte urbano con los problemas ambientales, se establece en relación estrecha con la urbanización, ya que provoca sistemas de movilidad que influyen en la ocupación del territorio y definen modalidades de intensidad, densidad y diversidad en los usos del suelo y, determina patrones y demandas de transporte. Ello, a su vez, influye en forma importante, en el consumo de combustibles y en los niveles de emisiones a la atmósfera.

Puede afirmarse que por el momento, se ha logrado detener el avance del proceso del deterioro atmosférico en la ZMVM, ya que han existido tendencias favorables en varios indicadores.

Ejemplo de ello, es que se ha presentado una inclinación a la baja en los niveles de ozono, a pesar de que el problema de contaminación es aún severo.

Las mejores noticias en términos de calidad del aire, corresponden a los contaminantes: plomo, monóxido de carbono y bióxido de azufre, gracias al mejoramiento de la calidad de los combustibles y al uso de convertidores catalíticos.

Dentro de este capítulo, también se dieron a conocer las principales características de cada una de las 4 Terminales de Pemex, en donde se resalta que debido al manejo y distribución de líquidos del petróleo (gasolinas); se producen emisiones de compuestos orgánicos volátiles, siendo esto, otra fuente de emisión de contaminantes (las principales causas por las que se emiten contaminantes por el uso de gasolinas, son por la combustión y por la evaporación, ya que las gasolinas al evaporarse emiten hidrocarburos).

Las 4 terminales, comparten 2 objetivos en común. El primero de ellos, es satisfacer la demanda de combustibles y el segundo, es propiciar que su operación tenga el mínimo impacto ambiental.

Precisamente, para disminuir la emisión de vapores a la atmósfera, que se generan durante el llenado de los autotanques, las 4 terminales cuentan con un sistema de recuperación de vapores.



CAPÍTULO 4 TERMINALES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA ZMVM



Cabe hacer la aclaración, que las terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, tienen instalados los equipos de recuperación de vapores, cuyo proceso opera a través de la tecnología Edwards Engineering, con base en el principio fundamental del ciclo de refrigeración, con la diferencia que se agrega una sección criogénica para lograr que las emisiones a la atmósfera contengan un máximo de 10 ppm (partículas por millón) de hidrocarburos.

Por otra parte, la Terminal de San Juan Ixhuatepec, cuenta con un sistema de recuperación de vapores, en donde los hidrocarburos de los autotanques, son recuperados en líquido a través de un proceso de absorción. Este opera a través de la tecnología Shoseki Engineering.

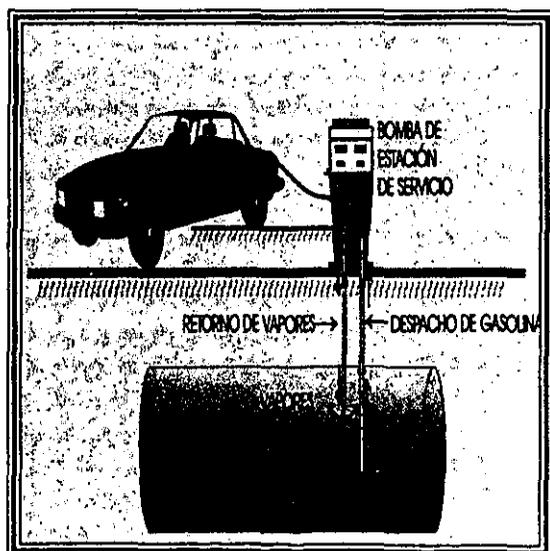
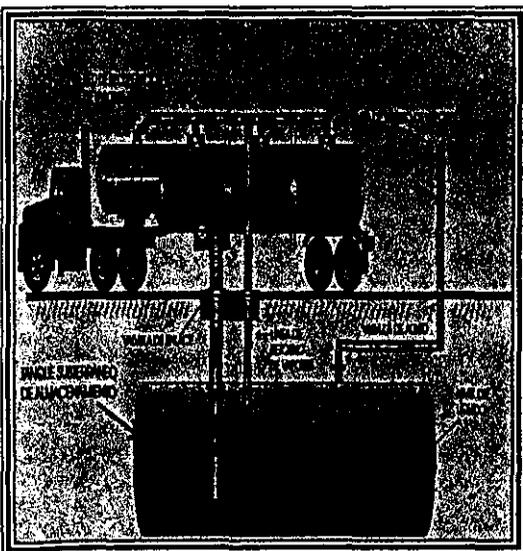
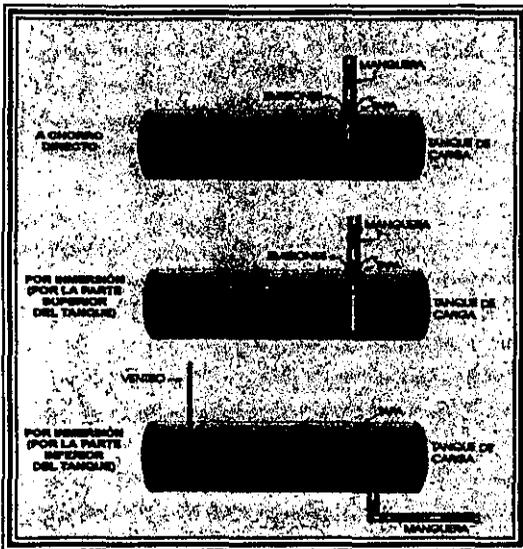
En el siguiente capítulo, se describen tanto los procesos como los diagramas de flujo, de cada una de las 2 tecnologías.

Si nos remitimos finalmente al Cuadro 11, se puede observar, que existen cambios notables, en el número de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles generados. Esto es causa de los programas realizados dentro de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA), impulsando uno de los programas que permitirán reducir más del 80% de emisiones. Este programa, es la instalación de sistemas de recuperación de vapores; por ello en el siguiente capítulo, desarrollamos el tema Unidades Recuperadoras de Vapores (URV ' s).

CAPÍTULO 5

UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES

" URV ' s "





CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



INTRODUCCIÓN

En 1992, la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, inició estudios para establecer las bases de un programa de recuperación de vapores en el Valle de México. Durante este tiempo, se ha venido desarrollando la normatividad e infraestructura necesaria, para garantizar que la instalación de los sistemas de recuperación de vapores cumplan con todos los requisitos ambientales y de seguridad.

En una gasolinera localizada en la proximidad del Instituto Mexicano del Petróleo, técnicos de la Asociación Técnica Alemana (TUV) y del propio Instituto, realizaron pruebas para evaluar las emisiones evaporativas de hidrocarburos durante la recarga de combustible, en diferentes modelos de vehículos. Estas pruebas, sirvieron para formular las normas que establecen la obligatoriedad de instalar sistemas de recuperación de vapores y, los parámetros para evaluarlos.

Se desarrollaron también, los métodos de prueba para verificar su adecuado funcionamiento, así como ordenamientos complementarios para garantizar la máxima seguridad de los equipos.

Asimismo, el Instituto Mexicano del Petróleo construyó dentro de sus instalaciones una estación de servicio piloto, equipada con diferentes dispositivos de control de emisiones evaporativas e instrumentada, para medir la eficiencia en laboratorio de los mismos.

El Instituto Mexicano del Petróleo, realizó estudios con el fin de determinar la tecnología de recuperación de vapores más eficiente, en la estación de servicio piloto mencionada. Se llegó a la conclusión de que los sistemas " asistidos por vacío¹ " son los más adecuados, pues alcanzan eficiencias superiores al 90% de recuperación. En contraste, se han descartado los sistemas " de balance² " debido a que sus eficiencias son inferiores al 60%.

¹ Es un sistema de recuperación de vapores, el cual incluye un dispositivo de succión, que favorece el retorno de los vapores al tanque de almacenamiento y, un procesador para los vapores excedentes.

² Es un sistema de recuperación de vapores, en el que no existe dispositivo alguno, que favorezca el retorno de los vapores al tanque de almacenamiento de combustible, de la estación de servicio y en el cual no se incluye un procesador de vapores.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



A principios de junio de 1994, el Departamento del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México, emitieron una convocatoria para acreditar equipos de recuperación de vapores a ser instalados, previa evaluación por el Instituto Mexicano del Petróleo. La convocatoria establece también los requisitos para autorizar a las empresas que suministren dichos equipos, los instalen y den mantenimiento, bajo un esquema de servicio integral que garantice su buen funcionamiento.

Adicionalmente, se ha desarrollado un esquema de control del programa, que incluye la supervisión integral de los trabajos de instalación, vigilando el cumplimiento de la normatividad ambiental, de los equipos de recuperación de vapores.

En relación con la Zona Metropolitana del Valle de México, como un esfuerzo de integración de políticas (Ver Cuadro 25), se coordinan las acciones de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, de la Secretaría de Salud, del Departamento del Distrito Federal y del Gobierno del Estado de México, para llevar a cabo el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000.

CUADRO 25 INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Estrategias:

- ❖ Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria, los servicios y en los vehículos automotores.
- ❖ Mejoramiento y sustitución de energéticos en la industria y, los servicios.
- ❖ Oferta amplia de transporte público seguro y eficiente.
- ❖ Integración de políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y, medio ambiente).
- ❖ Incentivos económicos.
- ❖ Inspección y vigilancia industrial y, vehicular.
- ❖ Información y educación ambientales y, participación social.

Metas:

Las estrategias anteriores, se aplicarán para el logro de 4 grandes metas, que son:

- ❖ Industria limpia: reducción de emisiones por unidad de valor agregado en la industria y, servicios.
- ❖ Vehículos limpios: disminución de emisiones por kilómetro recorrido.
- ❖ Transporte público eficiente y, nuevo orden urbano.
- ❖ Recuperación ecológica: abatimiento en la erosión.

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el
Valle de México (Proaire) 1995-2000.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



Conjugando estrategias y metas, se genera un juego de más de 80 instrumentos, acciones y proyectos, entre los cuales destaca en forma muy agregada, la normatividad de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, para la industria y los servicios (incluyendo distribución y uso de gas licuado de petróleo y, recuperación de vapores en gasolineras). De acuerdo con el Proaire, el objetivo es reducir 41.6% las emisiones de óxidos de nitrógeno, 50.4% las de hidrocarburos, 48.5% las de bióxido de azufre, 69.0% las de monóxido de carbono y, 45.1% las partículas suspendidas; para el año 2000.

En 1997, se publicó el primer informe de la calidad del aire en ciudades mexicanas, y se inauguró el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (Cenica), cuyo programa de trabajo incluye en forma destacada la atención a los problemas de la calidad del aire en el país.

Destaca la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-092-ECOL-1995, que regula la instalación de sistemas de recuperación de vapores, en las gasolineras instaladas en el Valle de México³. El objetivo de esta norma, es establecer los requisitos, especificaciones y parámetros para el diseño, instalación y puesta en marcha de sistemas de recuperación de vapores de gasolina, en estaciones de servicio y de autoconsumo, ubicadas en el Valle de México.

Como ya habíamos señalado en el Capítulo 4, actualmente Pemex tiene instalados los equipos de recuperación de vapores, en las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución (Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec), con los que cuenta en el Valle de México.

Asimismo, los 260 camiones autotanque de Pemex, que reparten la gasolina a las estaciones de servicio, cuentan ya con sistemas que permiten la recuperación de vapores. Los autotanes, fueron transformados para que sean llenados por la parte inferior y, posean los ductos necesarios para recoger los vapores de los tanques de las estaciones de servicio (Ver Dibujo 1). Para aprovechar las grandes inversiones y obras realizadas por Pemex, así como para obtener el máximo beneficio ambiental, es necesario completar el " Círculo Cerrado de Recuperación de Vapores " e instalar los sistemas en las gasolineras, que son la última etapa.

Desde septiembre de 1995, se cuenta con un programa de recuperación de vapores, el cual obliga a la instalación de dichos equipos en las gasolineras del Valle de México, basado en criterios que evitan crear condiciones de desabasto microrregional de gasolina.

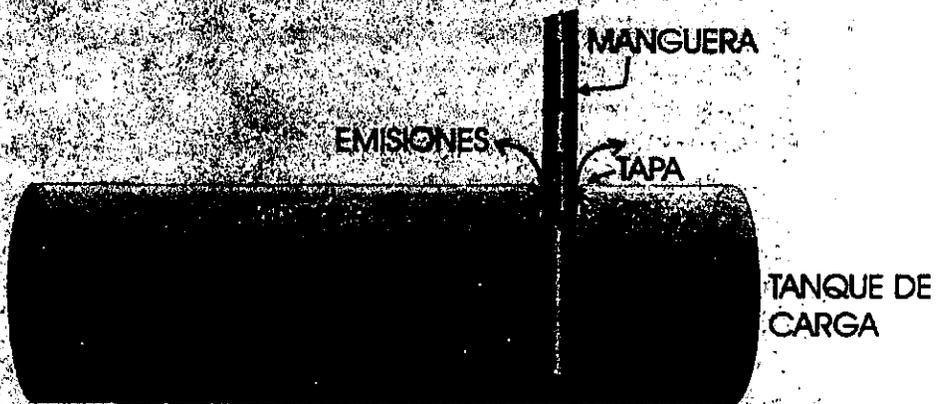
³ Ver anexo 2.

DIBUJO 1 MÉTODOS DE LLENADO

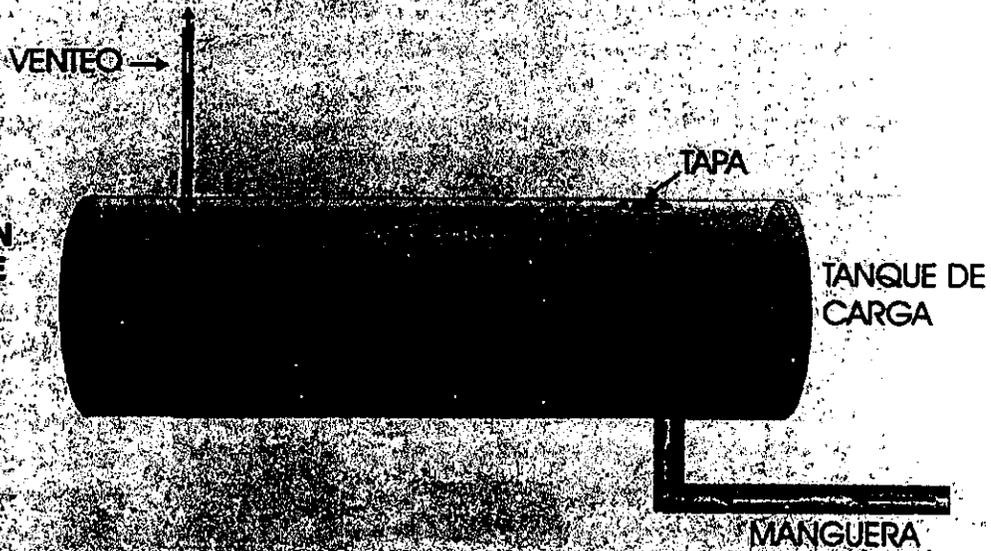
**A CHORRO
DIRECTO**



**POR INMERSIÓN
(POR LA PARTE
SUPERIOR
DEL TANQUE)**



**POR INMERSIÓN
(POR LA PARTE
INFERIOR
DEL TANQUE)**





CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



El gobierno recaudó más de 200 millones de pesos, a través de un impuesto que cobró por la venta de gasolinas, y cuyo fin fue apoyar la instalación de esos equipos anticontaminantes⁴. Este programa, consideraba la reconversión de las estaciones de servicio y autoservicio de gasolina, remodelar una estación de servicio, implicó una inversión de 2 a 5 millones de pesos, pues además de adquirir el equipo, se tienen que cambiar los dispensarios, mangueras, tuberías, tanques y otros elementos.

Cabe mencionar que entre las fuentes fijas que generan emisiones contaminantes a la atmósfera, se encuentran las estaciones de servicio (gasolineras) y de autoconsumo, que expenden gasolina. Por lo cual, estas deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana (NOM-093-ECOL-1995⁵). Esta Norma Oficial Mexicana, establece el método de prueba para evaluar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina, en estaciones de servicio y de autoconsumo.

Las gasolineras que cumplieron con el proceso de instalar, y poner en operación el sistema de recuperación de vapores de gasolina, dentro del plazo que va de octubre de 1997 a abril de 1998, suman un total de 480 en la ZMVM. El nombre, la ubicación y el número de registro asignado por Pemex a las estaciones de servicio, y de autoconsumo, se encuentra en el Programa de reconversión de las estaciones de servicio (gasolineras) y de autoconsumo, para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina.

El Programa, fue dispuesto en el último apartado de la Norma Oficial Mexicana NOM-092-ECOL-1995, para reducir y controlar las emisiones de vapores de gasolina, generadas durante el almacenamiento, distribución, transvasado y suministro de gasolina.

⁴ " El Economista ", periódico publicado el día lunes 20 de octubre de 1997. En las gasolineras ubicadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el gobierno cobró un impuesto de dos y cuatro centavos por la venta de cada litro de las gasolinas Nova y Magna, respectivamente, con el fin de apoyar el financiamiento en la adquisición de los sistemas de recuperación de vapores. Hasta junio de 1997, el gobierno había recaudado por ambos impuestos 217 millones de pesos, que fueron depositados en el Fideicomiso Ambiental del Valle de México, que fue manejado por Banobras.

⁵ Ver anexo 3.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



5.1 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES⁶.

Generalmente muchos combustibles o derivados del petróleo, en estado líquido, a la temperatura ambiente, desprenden vapores. Al llenar un recipiente con cualquier líquido se desplaza la misma cantidad de aire que se encuentra dentro de él, es decir; al llenar una cubeta con 10 litros de agua desplazamos 10 litros de aire.

Esto mismo sucede pero en grandes volúmenes, solo que en lugar de desplazar aire, se desplaza la misma cantidad de vapores, que son componentes volátiles derivados del petróleo.

Como ejemplo, conozcamos el proceso de la evaporación que produce un litro de gasolina, después de almacenarse en varias ocasiones, cuando no se tiene el debido cuidado en su manejo y suponiendo que se mantiene siempre el mismo litro:

- 1) Se almacena un litro de petróleo crudo que viene de los pozos antes de procesarlo,
- 2) después, se vuelve a almacenar como producto terminado,
- 3) de aquí, se almacena para otros procesos o para su distribución,
- 4) los autotanques que también son recipientes, se llenan y se envían a las estaciones de servicio,
- 5) en la estación de servicio se almacena en los tanques subterráneos y, por último, se almacena en los tanques de los automóviles.

Al final se produjo 6 veces un litro de vapor, porque cada vez que se almacenó un litro se desplazó un litro; es decir, 6 volúmenes de vapor que contaminan el aire que todos respiramos.

Por ello, es importante reconocer la decisión de Pemex, de instalar sistemas de recuperación de vapores, en todo el proceso de transferencia y comercialización de gasolinas, con el fin de reducir las emisiones de vapores de gasolina altamente tóxicos.

Este sistema, se instaló en las Terminales de Almacenamiento y Distribución que proveen combustibles, en los camiones autotanque y en las estaciones de servicio, que se localizaron en la Zona Metropolitana del Valle de México (es así, como se encuentra finalmente cerrado, el círculo de recuperación de vapores), ya que esta zona presenta elevados índices de contaminación atmosférica, debido a las altas concentraciones de ozono.

⁶ Sánchez Reyes, Jesús. Octanaje. Núm. 16, Marzo-Abril de 1998. Págs. 8-9.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



Veamos a continuación en que consiste dicho sistema.

El sistema de recuperación de vapores, es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos, especialmente diseñados para recuperar y controlar las emisiones de los vapores de gasolina, producidos en las operaciones de transferencia de este combustible en las estaciones de servicio y de autoconsumo, que de otra manera serían emitidos libremente a la atmósfera.

El control de las emisiones de vapores de gasolina, en las estaciones de servicio, se divide en 2 fases denominadas **Fase I** y **Fase II**⁷. Los vapores recuperados son transferidos del tanque de almacenamiento hacia el autotanque, y finalmente se llevan a la terminal de distribución de Pemex, para su tratamiento y recuperación final. A esta última etapa, se le denomina **Fase Cero**. Por lo tanto, se puede decir; que este sistema implica la recolección, recuperación y recirculación de los vapores, desplazados por el bombeo de los diferentes combustibles manejados (Pemex Magna, Pemex Premium, Pemex Diesel y Recuperados).

5.2 FASES EN LA RECUPERACIÓN DE VAPORES.

5.2.1 Sistema de recuperación de vapores Fase Cero.

Es la etapa en la recuperación de vapores, en la cual ocurre la recolección y recirculación de los vapores de gasolina, originados por la transferencia de combustible del tanque de almacenamiento de la terminal de distribución, hacia el autotanque (Ver Dibujo 2). Estos vapores son conducidos a la unidad de recuperación de vapores, la cual puede operar bajo diferentes principios.

5.2.2 Sistema de recuperación de vapores Fase I.

Consiste en la instalación de accesorios y dispositivos, para la recuperación y control de las emisiones de vapores de gasolina, durante la transferencia de combustible del autotanque, al tanque de almacenamiento de la estación de servicio⁸ (Ver Dibujo 3).

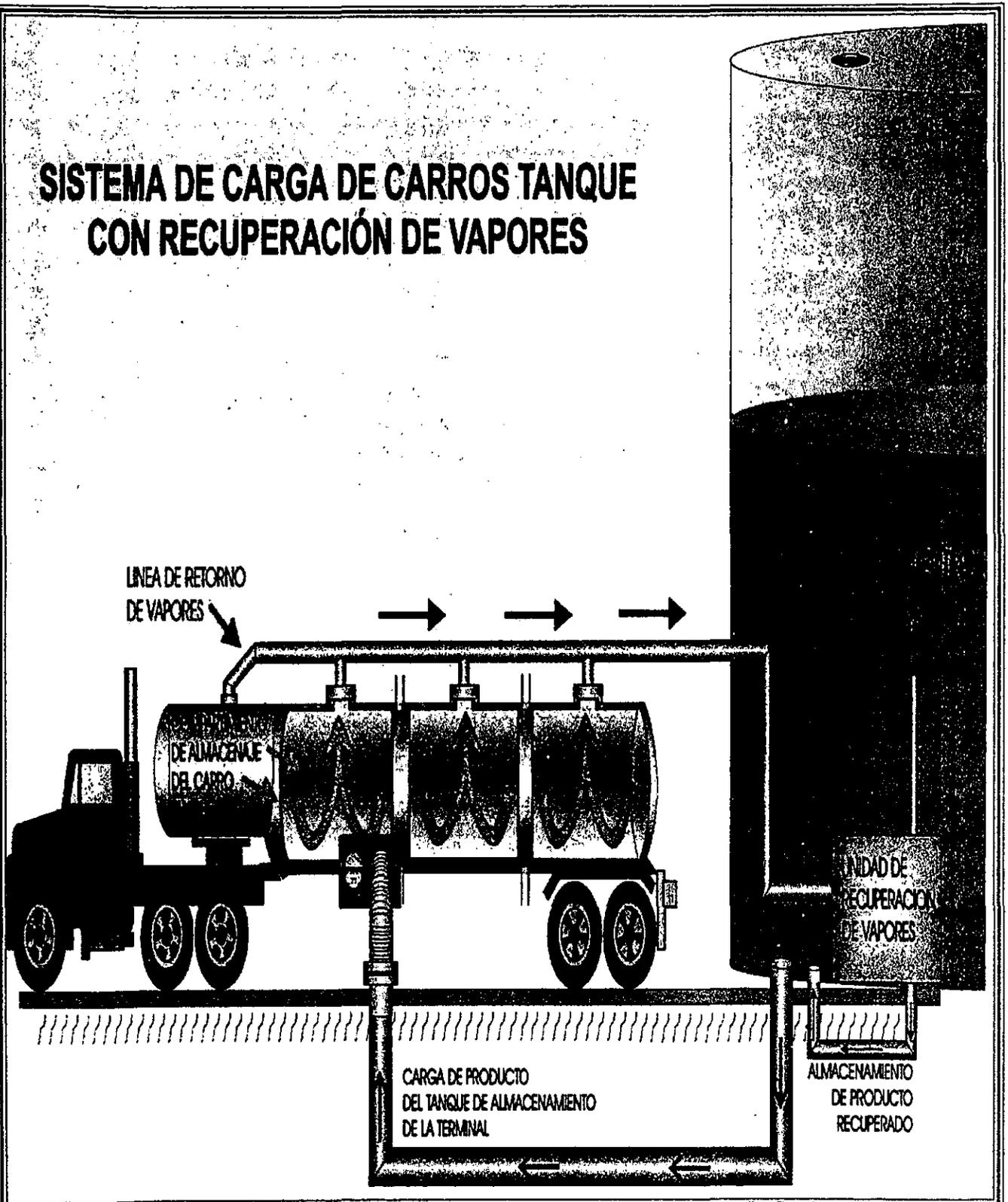
Los vapores recuperados son transferidos del tanque de almacenamiento, hacia el autotanque, y finalmente se llevan a la terminal de distribución de Pemex, para su procesamiento.

⁷ Norma Oficial Mexicana NOM-092-ECOL-1995. Pág. 91.

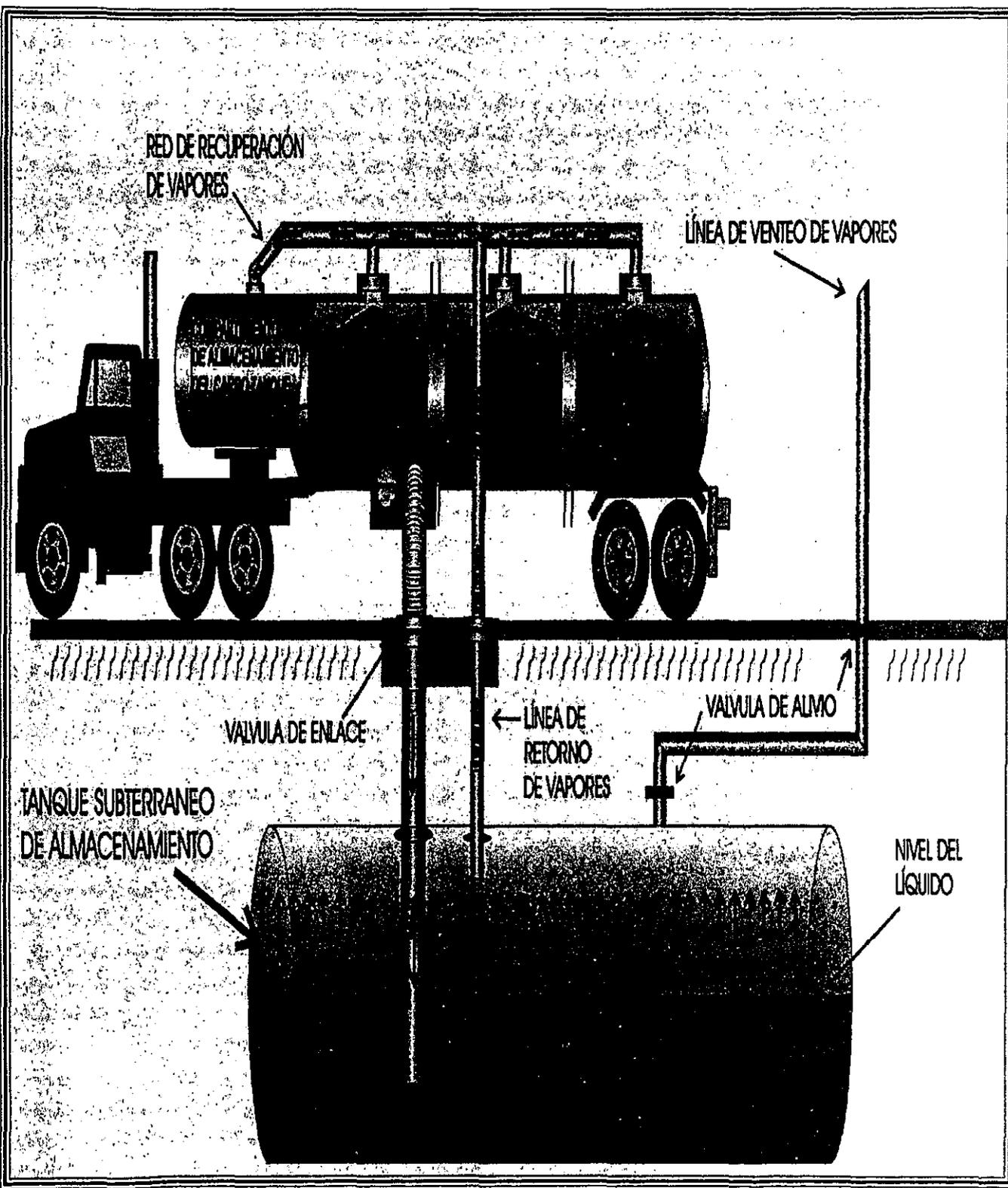
⁸ Norma Oficial Mexicana, Op. Cit. Pág. 91.

DIBUJO 2
SISTEMA DE CARGA DE CARROS TANQUE
CON RECUPERACIÓN DE VAPORES

SISTEMA DE CARGA DE CARROS TANQUE CON RECUPERACIÓN DE VAPORES



DIBUJO 3
DESCARGA DE CARRO TANQUE EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO
DE ESTACIONES DE SERVICIO Y PRÁCTICA DE CONTROL DE EMISIONES
POR BALANCE DE VAPORES





CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



La recuperación de vapores de la Fase I, puede efectuarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

Dos puntos: En este sistema, el combustible es vaciado por una línea y los vapores son recuperados por otra.

Coaxial: El tanque debe contar con un accesorio de llenado concéntrico, que permita simultáneamente la recuperación de vapores del tanque de almacenamiento y la descarga del combustible del autotanque.

5.2.2.1 Componentes indispensables para la Fase I.

Con la finalidad de efectuar la recuperación de vapores en la Fase I, se requiere disponer de los componentes a instalarse, en el tanque de almacenamiento de la estación de servicio y, de los componentes correspondientes al autotanque, los componentes que se refieren al autotanque se enlistan en el Capítulo 6, y los concernientes al tanque de almacenamiento⁹, se enlistan en el Cuadro 26.

**CUADRO 26
COMPONENTES PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

COMPONENTES	FUNCION
Adaptador con tapa para llenado de tanque de almacenamiento.	Conectar la manguera de descarga del autotanque.
Adaptador con tapa para recuperación de vapores de tanque de almacenamiento a autotanque.	Conectar la manguera de recuperación de vapores del autotanque.
Contenedor de derrames con válvula de drene.	Acumular los derrames de combustible durante la descarga del autotanque.
Conexión tipo T y/o cruz para recuperación de vapores.	Interconectar tuberías de recuperación de vapores.
Válvula de seguridad para el sobre llenado.	Prevenir el paso de combustible hacia las tuberías de recuperación de vapores.
Tubo de llenado para tanque de almacenamiento.	Evitar la turbulencia al abastecer el tanque de almacenamiento.
Válvula de venteo presión/vacío.	Liberar la presión a la atmósfera y/o evitar un colapsamiento del tanque.

⁹ Es el recipiente de cuerpo cilíndrico, destinado a almacenar combustibles, constituido por dos contenedores concéntricos, con espacio anular entre ambos. Existen dos tipos de tanques de almacenamiento que son: subterráneos y superficiales. Los tanques subterráneos, son de uso común en las estaciones de servicio. Los tanques superficiales, podrán instalarse solo cuando las condiciones del terreno dificulte la instalación de tanques subterráneos y se cuente con la autorización de Pemex.



CAPITULO 5
UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



CUADRO 26 (CONTINUACIÓN)

COMPONENTES	FUNCIÓN
Sensor de fugas.	Detectar fugas de vapor o líquido al exterior del tanque.
Manguera de 4 pulg. para recuperación de vapores de combustibles.	Permitir la recuperación de vapores durante la descarga del autotanque.
Manguera de 4 pulg. para descarga de combustible.	Permitir la descarga de combustible del autotanque al tanque.
Codo coaxial de 4 pulg.	Permitir en forma simultánea la descarga de combustible y, la recuperación de vapores.
Codo de 4 pulg. para descarga de combustible.	Permitir la descarga de combustible de autotanque al tanque.
Codo de 4 pulg. para la recuperación de vapores.	Permitir la recuperación de vapores durante la descarga del autotanque.

Fuente: Estudio Técnico-Económico de rentabilidad de sistemas de recuperación de vapores, para terminales de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos. IMP. Mayo de 1995.

5.3 Sistema de recuperación de vapores Fase II.

Consiste en la instalación de accesorios y dispositivos para la recuperación y control de las emisiones de vapores de gasolina, generados durante la transferencia del combustible del tanque de almacenamiento al vehículo automotor. Los vapores recuperados son transferidos desde el tanque del vehículo hacia el tanque de almacenamiento¹⁰. Los vapores recuperados son conducidos desde la pistola de despacho¹¹ del dispensario de combustible, hasta el tanque de almacenamiento de la estación de servicio (Ver Dibujo 4).

En su caso, los vapores excedentes que no puedan ser recuperados, son incinerados mediante un sistema de procesamiento de vapores, para evitar su emisión a la atmósfera.

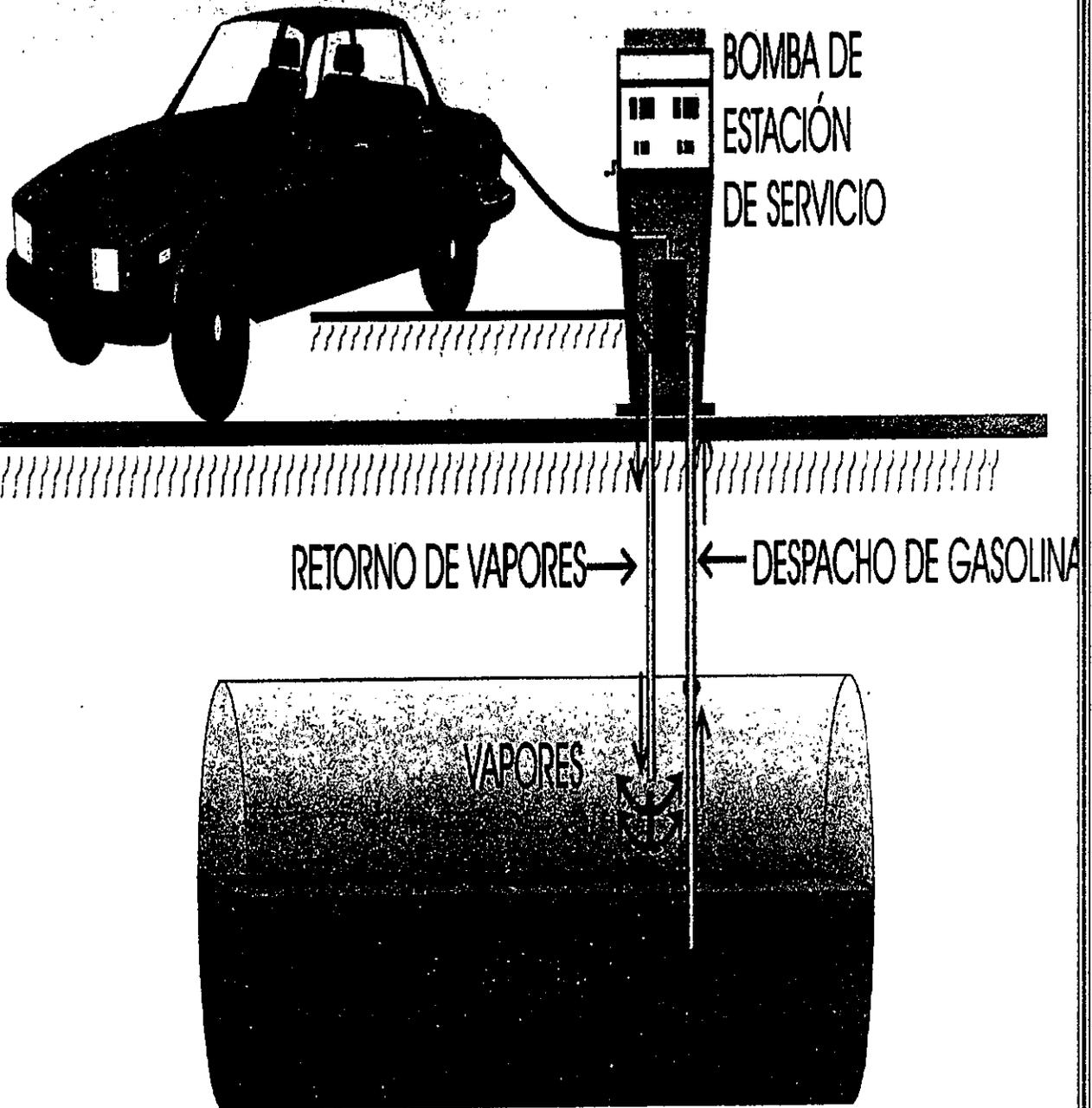
5.3.1 Componentes indispensables para la Fase II.

Con la finalidad de efectuar la recuperación de vapores en la Fase II, en sistemas de balance, se requieren de los componentes a instalarse en el dispensario de

¹⁰ Norma Oficial Mexicana. Op. Cit. Pág. 91.

¹¹ Es un dispositivo, para suministrar y regular el flujo de combustible, localizado en la parte terminal de las mangueras, provenientes del dispensario suministrador y, se inserta en la toma del tanque de almacenamiento de combustible del vehículo automotor.

DIBUJO 4
SISTEMA DE REABASTECIMIENTO DE AUTOMÓVILES
CON RECUPERACIÓN DE VAPORES





**CAPITULO 5
UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES**



combustible, y líneas de retorno de vapores al tanque de almacenamiento de la estación de servicio, dichos componentes se enlistan en el Cuadro 27.

**CUADRO 27
COMPONENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE VAPORES EN LA FASE II
(SISTEMAS DE BALANCE)**

COMPONENTES	FUNCIÓN
Pistola.	Despacho de combustible y recuperación de vapores.
Manguera coaxial.	Suministro de combustible y recuperación de vapores.
Válvula derivadora.	Separar los vapores recuperados y, el combustible a suministrar.
Válvula de ruptura.	Evitar derrames o rompimiento de la manguera (breakaway).

Fuente: Estudio Técnico-Económico de rentabilidad de sistemas de recuperación de vapores, para terminales de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos. IMP. Mayo de 1995.

Para efectuar la recuperación de vapores en la Fase II, en sistemas asistidos por vacío, es necesario contar con los dispositivos a instalarse en el dispensario de combustible, líneas de retorno de vapores al tanque de almacenamiento y, al procesador de vapores excedentes de la estación de servicio.

Además, de los componentes enlistados en el Cuadro 27, los sistemas asistidos por vacío, requieren componentes adicionales, los cuales se indican en el Cuadro 28.

**CUADRO 28
COMPONENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE VAPORES EN LA FASE II
(SISTEMAS ASISTIDOS POR VACÍO)**

COMPONENTES	FUNCIÓN
Procesador de vapores.	Procesar el excedente de vapores recuperados en el tanque de almacenamiento.
Dispositivo de succión.	Conducir hacia el tanque de almacenamiento, los vapores emitidos durante el suministro de combustible al vehículo.

Fuente: Estudio Técnico-Económico de rentabilidad de sistemas de recuperación de vapores, para terminales de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos. IMP. Mayo de 1995.



5.4 TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EFECTUAR LA RECUPERACIÓN DE VAPORES.

Existen diferentes tipos de unidades de recuperación de vapores, que se ofrecen hoy en día: Unidades de Refrigeración Mecánica convencional y Criogénica, Refrigeración Mecánica con propano, Unidades de Adsorción-Absorción con carbón activado, Sistemas de Compresión-Absorción-Incineración, Absorción-Desorción de hidrocarburos por medio de un líquido absorbente selectivo y Turbo-expansión.

Por otra parte, existe también la oxidación térmica o termo-oxidación la cual, aunque no es un proceso de recuperación de vapores, elimina los hidrocarburos crudos.

No es propósito de este trabajo de tesis, explicar cada una de estas ocho tecnologías, sin embargo; se nombraron para hacer saber que estas son las que existen y se ofrecen hasta hoy en día.

Entre las fuentes fijas que generan emisiones contaminantes a la atmósfera, se encuentran las Terminales de Almacenamiento y Distribución que proveen combustibles. Cuando no se tienen integrados equipos para el control de la contaminación en éstas fuentes, se producen hidrocarburos volátiles que contribuyen a afectar el entorno ecológico.

En la Zona Metropolitana del Valle de México, estos compuestos orgánicos volátiles (COV ' s), son los precursores del ozono. Por lo anterior y considerando que la legislación ambiental es cada vez más estricta, se hizo necesario considerar la instalación de unidades de recuperación de vapores (URV ' s) en estas terminales de Pemex.

A continuación, se menciona la información relativa a 2 de las 8 tecnologías destinadas al tratamiento de vapores de hidrocarburos (gasolinas), ya que una de las medidas de control de emisiones que se propone, es el mantenimiento que se debe efectuar a las unidades recuperadoras de vapores (URV ' s), que utilizan la tecnología Edwards y Shoseki, exclusivamente en las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de combustibles, localizadas en la Zona Metropolitana del Valle de México (Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec). Como ya habíamos señalado, en las primeras 3 terminales se emplea la tecnología Edwards y en la cuarta terminal, se emplea la tecnología Shoseki.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



5.4.1 TECNOLOGÍA EDWARDS ENGINEERING.

Sistema de refrigeración mecánica (en cascada) y refrigeración criogénica (con nitrógeno líquido).

Es un sistema de refrigeración mecánica y criogénica: consiste en 3 etapas de refrigeración, las primeras dos mecánicas y la última criogénica.

Las Terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, cuentan con unidades recuperadoras de vapores (URV ' s), en donde los vapores de hidrocarburos de los autotanques, son recuperados en líquido a través de un proceso de refrigeración mecánica (en cascada), y refrigeración criogénica (con nitrógeno líquido), aún no instalado.

5.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (URV ' s).

La función del sistema, es recuperar vapores de hidrocarburos del aire contaminado, que se desplaza durante el llenado de los autotanques.

Se tiene por cada posición de llenado, un conector de vapores con su manguera y una válvula check, un arrestador de flama y la interconexión con el cabezal principal. Esta línea común a todas las posiciones de llenado, conduce los vapores de hidrocarburos a la unidad recuperadora de vapores (URV ' s).

Se tiene instalado antes de llegar al equipo URV, una interconexión con un tanque de abatimiento. El cual cumple la función de colectar todos los condensados que pudiesen presentarse en la tubería.

Esta protección se debe, a que el equipo no debe manejar condensados líquidos debido a la instalación de compresores en la URV. Para los condensados presentes en el tanque de abatimiento, se cuenta con bombas para enviar el producto al tanque de recuperados.

Las 3 Terminales (Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto), cuentan con 2 calles de recuperación: Calle N^o. 1 y Calle N^o. 2. Cuando la carga esta baja, solo trabaja la calle N^o 1, y cuando la carga sube, automáticamente entra en operación la Calle N^o. 2.

El sistema de refrigeración, condensa los vapores de hidrocarburos recuperados en 3 etapas de refrigeración (las plantas de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto; cuentan con esas 3 etapas) en las que emplea la expansión directa del líquido refrigerante.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



El proceso, consiste en reducir las temperaturas de transferencia en una cámara frigorífica, con el fin de condensar los hidrocarburos presentes en la mezcla de aire – hidrocarburos.

La primera etapa, es la etapa de preenfriamiento, la cual opera con glicol y agua a una temperatura de 1.6 °C. Por la temperatura no hay formación de hielo.

La segunda etapa, contiene una mezcla enfriada de aire y vapores de hidrocarburos que pasan a través de un intercambiador de calor, con una presión atmosférica y una temperatura de -73.3 °C. El refrigerante usado es el glicol. Esta temperatura produce hielo alrededor de los tubos, el cual es removido por un fluido caliente.

Se logran recuperar vapores hasta el nivel de 35 miligramos por cada litro (aproximadamente 100 PPM), en su emisión.

La tercera etapa de enfriamiento, trabaja con nitrógeno líquido, a una temperatura de -117.7 °C. En esta última etapa (aún no instalada, en las Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex: Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto) tendrá una recuperación casi total, ya que la concentración de vapores de hidrocarburos emitidos a la atmósfera, será menor a 10 miligramos por cada litro (aproximadamente 26 PPM).

Utilizando las 3 etapas anteriores, correspondientes a la tecnología Edwards Engineering, la recuperación debe ser igual o mayor del 97%¹².

¹² 20.BimSchV 2.20, Bundes-Immissionsschutzgesetz, Alemania (Ley de protección contra inmisiones en Alemania).



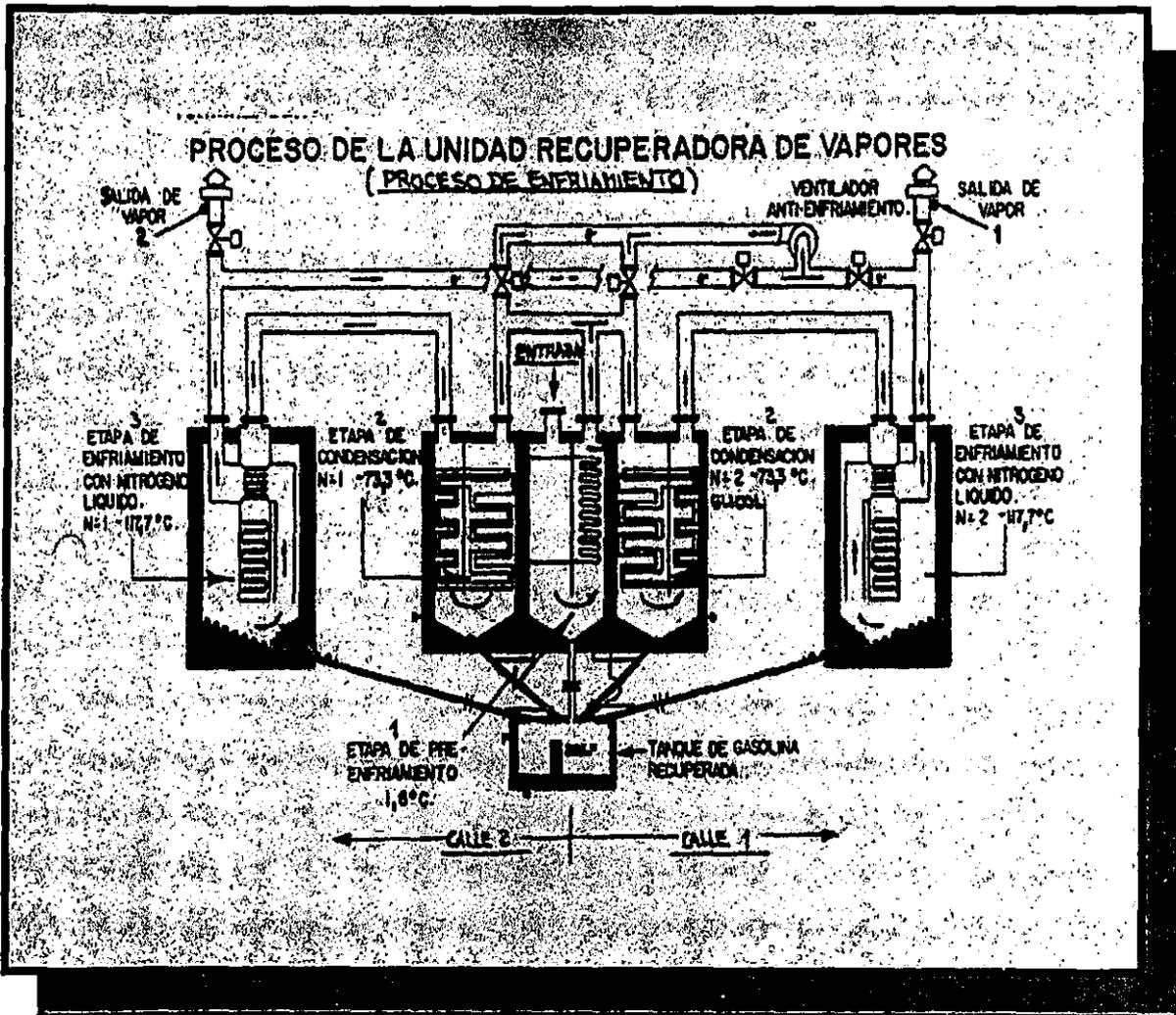
CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



5.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso, para recuperar los vapores, mediante la tecnología Edwards Engineering (Ver Figura 6).

FIGURA 6





CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



5.4.3 TECNOLOGÍA SHOSEKI ENGINEERING & CONSTRUCTION CO. LTDL.

Absorción y desorción de vapores de hidrocarburos por medio de un absorbente selectivo (Soval).

Es un proceso de absorción y desorción de vapores de hidrocarburos, por medio de un absorbente selectivo (soval).

La cuarta Terminal de Almacenamiento y Distribución (San Juan Ixhuatepec), tiene una unidad recuperadora de vapores (URV ' s), en donde los vapores de hidrocarburos de los autotankers, son recuperados en líquido a través de un proceso de absorción y desorción.

5.4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE VAPORES.

El esquema de circulación del Soval y de los instrumentos más importantes, está ilustrado en el diagrama " Piping & instrument (P & ID) ", de la Figura 7 . El gas desplazado (mezcla de hidrocarburos con aire) del sistema de recuperación, es insertado en el fondo del absorbedor (C-101), donde la mayor parte del vapor de hidrocarburos, se absorbe por el líquido Soval. El líquido Soval, circula contra corriente a temperatura y presión ambiente. El vapor tratado, que contiene una cantidad tolerable de hidrocarburos, es ventilado a la atmósfera a través del arrestador de flama, instalado arriba del absorbedor.

De manera opuesta, el líquido Soval conteniendo vapor de hidrocarburos disuelto (líquido Soval rico), es retirado del absorbedor por medio de la bomba de Soval rico (P-102), al recipiente de vaporización N° 1 (V-201). Después al recipiente de vaporización N° 2 (V-202), donde el vapor de hidrocarburos disuelto en el líquido Soval rico, es removido en 2 etapas sucesivas de condiciones ascendentes de vacío.

El líquido Soval, después de haber desprendido el vapor de hidrocarburos (líquido de Soval pobre), es reciclado a la sección de absorbencia por medio de la bomba de Soval pobre (P-101).

La condición de vacío en el recipiente de vaporización N° 1, es mantenida por la bomba de vacío N° 1 (VP-301 A / B) y, en el recipiente de vaporización N° 2 por la bomba de vacío N° 2 (VP-302 A / B).

La torre de recuperación (C-401), es alimentada por el vapor de hidrocarburo, separado en los recipientes de vaporización. En la sección de recuperación de hidrocarburos por las bombas de vacío, los hidrocarburos son absorbidos por la gasolina fresca, suministrada desde un tanque de almacenamiento. De esta manera, el vapor de hidrocarburo es recuperado como líquido.



CAPITULO 5 UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES



El objetivo de este apartado, fue presentar los aspectos más importantes que están relacionados con el sistema de las unidades recuperadoras de vapores (URV ' s), como son: en primer lugar, era indispensable, conocer algunos antecedentes de porqué fue necesaria su implantación, en segundo lugar, se define el concepto, es decir; qué se debe entender por dicho sistema, en tercer lugar, se nombran tanto las etapas o fases para recuperación de vapores, como los componentes de las mismas y, en cuarto lugar, se citan las tecnologías que existen para realizar el tratamiento de vapores de hidrocarburos.

Lo mencionado anteriormente, nos llevó a realizar una descripción y esquematización del diagrama de flujo de proceso, para las tecnologías Edwards y Shoseki.

En el siguiente capítulo, se recomiendan 3 medidas de control, para reducir la contaminación atmosférica, por emisiones de vapores de hidrocarburos, generados por las actividades que desarrollan las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex.

CAPÍTULO 6

MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES

A LA ATMÓSFERA





CAPITULO 6 MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA



INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 2, nos referimos a la economía del medio ambiente. Pues bien, el punto de partida del análisis ambiental, consiste en aceptar que las actividades económicas, han generado intensas presiones sobre el ambiente, incluidos altos niveles de contaminación, y en muchos casos, un uso no sustentable de los recursos naturales¹.

El mercado de competencia perfecta respecto al mundo real, ha sido insuficiente para la correcta asignación de los recursos naturales, como pueden ser los recursos biológicos (bosques, fauna, etc.); los minerales (oro, hierro, etc.); los energéticos (petróleo, gas natural, etc.); y los ambientales (agua, aire, etc.); es por esto, que se le ha utilizado inadecuadamente, originando el agotamiento y deterioro de los mismos, ya que no han sido considerados como recursos económicos escasos, debido principalmente a la falsa creencia de que son recursos ilimitados.

La teoría económica, sostiene que el equilibrio se presenta en un mercado competitivo, cuando la productividad marginal de cada factor se iguala en valor a su precio.

Sin embargo, esta igualdad no se puede producir, ya que los precios de mercado, de estos factores de producción, pueden estar modificados debido a que existen imperfecciones o desequilibrios que fueron señalados por R. N. Mckean, como pueden ser los monopolios, los subsidios, los cambios en la oferta y la demanda, etc. (Ver a Mckean, en el Capítulo 2).

En el contexto ambiental, (que es al que le damos más importancia debido al tema de las emisiones contaminantes), una de las condiciones necesarias para asegurar un equilibrio competitivo óptimo en el sentido de Pareto, es la no existencia de externalidades. Por lo tanto, en la lista de imperfecciones o fallas de mercado², hay que agregar también a las externalidades o deseconomías externas.

El concepto de efecto externo, es asimismo muy importante. Así, puede decirse que la contaminación o daño ambiental, que genera la actividad económica al ambiente, no es otra cosa, desde un punto de vista económico, que una externalidad negativa.

¹ Desde un punto de vista económico, los recursos naturales, se pueden definir como los factores que afectan a las actividades productivas, pero que no han sido hechos por el hombre, ni tampoco han sido hechos a través de un proceso de fabricación iniciado por el hombre.

² Cuando hay efectos externos, se produce lo que Bator denomina fallo de mercado, por lo que no se garantiza ni el equilibrio ni la eficiencia.



CAPITULO 6 MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA



En síntesis, la contaminación se conceptualiza económicamente, como una externalidad negativa, que generan determinados procesos de producción en otros procesos de producción y/o consumo³. (Ver a William Jack Baumol y W. Oates, en el Capítulo 2).

6.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.

Ante este daño ambiental⁴ que hemos causado (tales como: el agotamiento de los mantos freáticos, la continua deforestación, la pérdida de biodiversidad y por supuesto la contaminación del aire en áreas metropolitanas), por fin tomamos conciencia en cuestión ambiental y la sociedad en su conjunto, tomó decisiones para restaurar o mejorar la calidad del medio ambiente, mediante el uso de las medidas de protección⁵. Estas se pueden definir, como una actividad proyectada por la sociedad, para tomar en debida consideración, reducir, controlar y finalmente eliminar, las amenazas que las actividades socioeconómicas, puedan significar para el medio ambiente⁶.

México, para atender los desafíos de la contaminación atmosférica por ejemplo, hace uso de las siguientes medidas de protección que incluyen: el establecimiento de estándares⁷ y límites a las emisiones, el mejoramiento en la calidad de los combustibles, la negociación de acuerdos con subsectores industriales para reducir emisiones más allá de los requerimientos de la ley, etc.

³ Romero, Carlos. Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza Editorial. Madrid, 1994. Pág. 30.

^{4,5} Estos temas se mostraron en el Capítulo 2.

⁶ Leal, José. La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo I. Grupo editor latinoamericano. Buenos Aires, Argentina, 1986. Pág. 16.

⁷ Los estándares son, en términos generales, la expresión del nivel de calidad ambiental deseado por la sociedad. Así, por ejemplo, existen estándares de emisión que definen la cantidad de contaminantes que una actividad económica (industria, medio de transporte, edificio, etc.) puede liberar en el medio ambiente, y este se aplica para eliminar la externalidad.



CAPITULO 6 MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA



6.2 SITUACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM).

Si bien es cierto, que el desarrollo económico, ha contribuido a elevar las condiciones de vida de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México, también este proceso ha traído como consecuencia, un deterioro al medio ambiente y daños a la salud, debido a la generación y dispersión de agentes contaminantes.

La causa principal de toda la contaminación del aire es la combustión⁸, de los combustibles fósiles, éstos comprenden principalmente, el petróleo y sus derivados (gasolinas, diesel, turbosina, etc.); el gas natural y el carbón mineral (Ver Capítulo 3).

La emisión de contaminantes a la atmósfera, provenientes de vehículos automotores, es considerada como una de las principales fuentes que contribuyen a elevar los niveles de contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México, pero si esto lo combinamos con algunos otros fenómenos naturales, como las inversiones térmicas, la humedad y la radiación solar, produce algunos efectos indeseables para la salud humana, como el smog, las altas concentraciones de ozono y, en general, la concentración de componentes indeseables en la atmósfera.

6.3 MEDIDAS DE CONTROL.

Para resolver esta situación, se tienen que definir políticamente algunas medidas de control. A estas se les puede definir, como una categoría de medida de protección ambiental, que está orientada a evitar daños adicionales que puedan afectar al medio natural, cuando está sometido a algún tipo de coacción por causa de alguna actividad humana. Igualmente, estas medidas intentan protegerlo contra daños potenciales, que pudieran derivarse de nuevas actividades humanas - proyectos industriales o de infraestructura - por ejemplo⁹.

⁸ Teóricamente, cuando ocurre la combustión, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire, para producir calor, luz, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O), sin embargo; las impurezas del combustible o temperaturas de combustión demasiado altas o bajas, son causa de la formación de productos secundarios, tales como monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros.

⁹ La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo I. Op. Cit. Pág. 176.



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



En el Cuadro 29, mencionamos algunos ejemplos de medidas de control, que se aplicaron en la Zona Metropolitana del Valle de México, para disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera.

**CUADRO 29
MEDIDAS DE CONTROL**

AÑO	MEDIDAS DE CONTROL
1986	<ul style="list-style-type: none">❖ Reducción de tetraetilo de plomo en las gasolinas.❖ Incorporación de un aditivo detergente a las gasolinas, que de acuerdo con extensas pruebas de flotilla realizadas, ha permitido una disminución en la emisión de contaminantes a la atmósfera de 38% de monóxido de carbono y 40% de hidrocarburos no quemados.
1988	<ul style="list-style-type: none">❖ Se establece el Programa de Verificación Vehicular.
1989-90	<ul style="list-style-type: none">❖ Se decreta como definitivo, el " Hoy no circula ", con el propósito de disminuir la emisión del 20% de contaminantes de la flota vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México.
1990	<ul style="list-style-type: none">❖ El gobierno, establece un Programa Integral de Control de la Contaminación Atmosférica (PICCA), en el cual se fijan en una primera fase 41 compromisos, entre los diferentes sectores de la sociedad.❖ Se inicia la venta de gasolina Magna Sin, con el fin de minimizar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.
1991	<ul style="list-style-type: none">❖ Introducción paulatina de vehículos con convertidor catalítico, (este reduce en un 90% las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos y 60% los óxidos de nitrógeno).❖ Las termoeléctricas localizadas en el Valle de México, cambiaron su combustible de combustóleo por gas natural, a fin de reducir los niveles de dióxido de azufre.



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



CUADRO 29 (CONTINUACIÓN)

AÑO	MEDIDAS DE CONTROL
1993	❖ Como resultado de la aplicación de la normatividad de emisiones más estricta, a nivel internacional para motores a Diesel, se introduce al Valle de México el Diesel Sin.
1994	❖ Se desarrollaron nuevas formulaciones de gasolinas oxigenadas, éstas reducen las emisiones de monóxido de carbono, hasta en un 10%. Las gasolinas oxigenadas, permiten también reducir en un 11%, las emisiones de hidrocarburos, por lo que contribuyen también al control del ozono. En particular, el uso de MTBE (Metil-Ter butil Eter), permite controlar el contenido de aromáticos a 30% máximo, el de olefinas a 15% máximo y el benceno a 2% máximo.
1995	❖ Se recomendó, controlar las emisiones evaporativas de gasolinas, en Terminales de Almacenamiento y Distribución y, en las estaciones de servicio.
1996	❖ Pemex, adoptó especificaciones estrictas para reducir el contenido de olefinas, aromáticos, benceno y, menor presión de vapor en las gasolinas.
01/10/96 06/12/96	❖ Salió a la venta una nueva gasolina reformulada, denominada Pemex Magna, con especificaciones más estrictas que la anterior Magna Sin. Esta gasolina, es actualmente la de mayor consumo en el país y la ZMVM. ❖ Con el propósito de satisfacer los requerimientos y características de las gasolinas, que demandan los automóviles de tecnología reciente, se incorpora al mercado de la ZMVM, la gasolina sin plomo denominada Pemex Premium, con mayor índice de octano y características de composición similares a la Pemex Magna. Los vehículos equipados con convertidor catalítico y, que usan gasolinas sin plomo (Pemex Magna y Premium), reducen drásticamente las emisiones de hidrocarburos hasta 40%, monóxido de carbono hasta 22% y óxidos de nitrógeno hasta 17%.



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



CUADRO 29 (CONTINUACIÓN)

AÑO	MEDIDAS DE CONTROL
1996	❖ Pemex Refinación, elevó la calidad del Diesel, reduciendo gradualmente los niveles de azufre, hasta llegar en la actualidad a un máximo de 0.03%.

Fuente: Capítulo 3.

Básicamente, estas medidas de control, buscaban reducir las emisiones de plomo y de azufre a la atmósfera.

Cabe mencionar, que el principal emisor de plomo, era el uso de gasolinas con concentraciones muy altas de tetraetilo de plomo. Mientras que las termoeléctricas, con el uso de combustóleo por un lado, y los automóviles con motor diesel por otro, son los que provocaban los altos niveles de bióxidos de azufre (estos niveles se encontraban muy arriba de los niveles máximos recomendados, en la Norma de Calidad de Aire Mexicana).

Los logros alcanzados por la aplicación de estas medidas de control, son muy significativas, ya que las gasolinas que se consumen hoy día, en la Zona Metropolitana del Valle de México, no tienen plomo (Pemex Magna y Pemex Premium) y, el Pemex Diesel presenta bajo contenido de azufre (Ver Capítulo 3).

Resulta necesario subrayar, que dentro de las medidas de control que se mencionaron en el Cuadro 29 , destaca para propósito de este trabajo de tesis, la que se produjo en el año de 1995 (Ver Capítulo 5).

La gasolina, es la mayor contribuyente a la contaminación del aire urbano, a través de sus productos de combustión, ya que genera emisiones tóxicas por contener excesivo dióxido de carbono y óxido de nitrógeno. Sin embargo, cabe aclarar que las fugas y evaporación de los combustibles (Gasolina Pemex Magna y Pemex Premium), también contaminan la atmósfera.

En el Cuadro 30, se muestra la distribución de emisiones evaporativas de las Unidades Recuperadoras de Vapores. La información proviene de la Subdirección de Protección Ambiental; del Instituto Mexicano del Petróleo y corresponde al período del año 2000.



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



**CUADRO 30
EMISIONES EVAPORATIVAS DE LAS URV ' s
PORCENTAJE**

TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN.	EMISIONES DE LA URV ' s. %
Añil	15.44
Azcapotzalco	23.03
Barranca del Muerto	21.86
San Juan Ixhuatepec	39.67
TOTAL	100.00

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo.

En el año 2000, las 4 Unidades Recuperadoras de Vapores (URV ' s), localizadas en el Valle de México, emitieron a la atmósfera, alrededor de 2'397 toneladas anuales de contaminantes. Los datos que muestra el Cuadro 30, indican que la URV, instalada en la Terminal de San Juan Ixhuatepec, es la que presenta el mayor porcentaje de emisiones evaporativas, con el 39.67%, mientras que la URV de Añil, genera el 15.44%, representando así, el menor porcentaje de dichas emisiones.

Por lo tanto, el propósito de este apartado, es proponer medidas para controlar la contaminación atmosférica, por emisiones de vapores, debidas al manejo y distribución de gasolinas, en los 4 Centros de Almacenamiento y Distribución de Pemex, que se encuentran localizados en la ZMVM.

Estas medidas que se mencionan a continuación incluyen: el mantenimiento a las unidades recuperadoras de vapores, utilización de nitrógeno líquido y mantenimiento a autotanques.

6.3.1 MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES CON TECNOLOGÍAS EDWARDS Y SHOSEKI.

En el Capítulo 5, se menciona cual es la función que cumple una unidad recuperadora de vapores, en cada uno de los 4 centros de Almacenamiento y Distribución, se describe en que consiste y como esta conformada. Así mismo, se nombran las 8 tecnologías que existen, y se hace énfasis en las 2 tecnologías que actualmente se están empleando por parte de Pemex, para reducir y controlar las emisiones de vapores de gasolina. Estas 2 tecnologías internacionales son Edwards Engineering y Shoseki Engineering. La primera es originaria de los Estados Unidos y, la segunda de Japón.



CAPITULO 6 MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA



Para cada una de estas, se describió y mostró el proceso a seguir con el fin de recuperar los hidrocarburos, en forma líquida.

Las unidades recuperadoras de vapores (URV ' s), son equipos de control ambiental, que se utilizan para recuperar y reducir las emisiones evaporativas de los hidrocarburos. Para que operen eficientemente, es necesario realizar mantenimiento preventivo y/o correctivo en las URV' s, que utilizan las tecnologías Edwards y Shoseki.

El mantenimiento, es sugerido por el fabricante de cada tecnología.

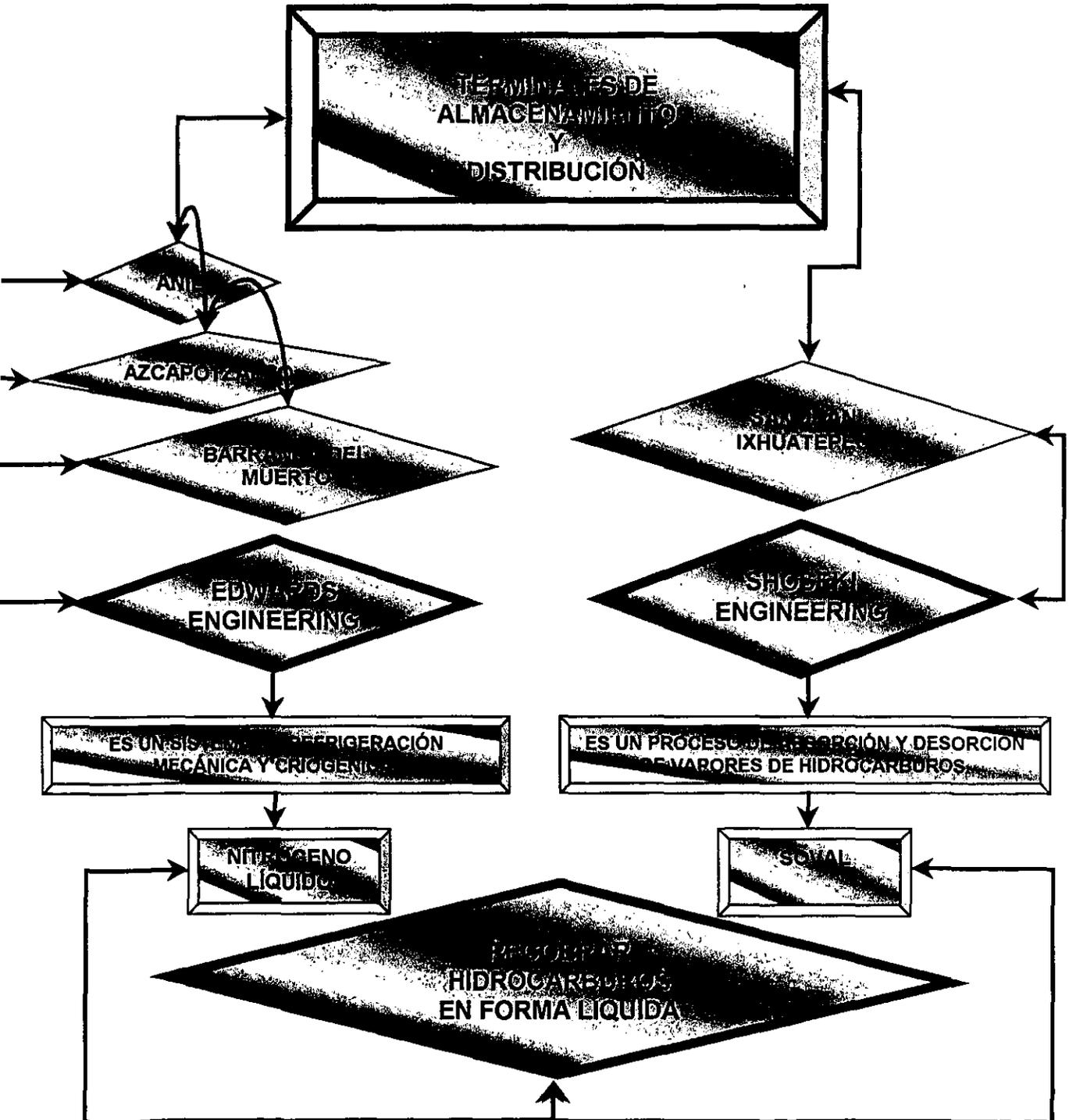


**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



En el Esquema 3, se ilustra la operación de las URV ' s, en las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución, mediante las tecnologías Edwards y Shoseki.

ESQUEMA 3





**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



6.3.2 UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO.

El nitrógeno es un gas incoloro, inodoro e insaboro, que conforma el 78.09% de la atmósfera de la tierra (por volumen). El nitrógeno, es un gas inerte excepto a altas temperaturas. En temperaturas de arcos de soldadura, reacciona con algunos metales como el aluminio, magnesio y titanio. Puede ser usado en combinación con otros gases, para algunas aplicaciones de soldaduras y también, es muy usado en corte con plasma.

En procesos metalúrgicos, químicos y de alimentos, evita la oxidación y minimiza los riesgos de inflamabilidad durante operaciones de almacenamiento y envase. También, es empleado en el llenado de acumuladores, y en forma líquida la industria metal-mecánica, lo utiliza en el enfriamiento de metales y en el endurecimiento y contracción de partes metálicas, durante su ensamblado.

En el Cuadro 31, se muestra la eficiencia¹⁰ de las URV ' s, instaladas en las 4 Terminales de Pemex.

**CUADRO 31
EFICIENCIA EN PORCENTAJE.**

TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	EFICIENCIA DE LA URV %
Añil	88.57
Azcapotzalco	74.72
Barranca del Muerto	61.88
San Juan Ixhuatepec	52.78

Fuente: IMP. Informe de la eficiencia de las URV 's de Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec y, los resultados de las pruebas de hermeticidad en autotanques.

En el Cuadro 31, se observa que la URV, instalada en la Terminal de Añil, cuenta con una mayor eficiencia en la recuperación de vapores, respecto a las URV ' s instaladas en Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec.

En el Capítulo 5, se menciona que la recuperación de vapores de gasolina, debe ser igual o mayor del 97%, de acuerdo a la Ley de Protección contra Inmisiones en Alemania, la cual resulta demasiado estricta a nivel mundial.

¹⁰ La eficiencia, es un parámetro que indica el porcentaje de control de vapores de gasolina, debido a la acción de un sistema de recuperación de vapores, que de otra manera serian emitidos libremente a la atmósfera.



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



Es importante mencionar, que en México no existe una norma, que fije la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina, en las Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex, aunque sí existe la NOM-093-ECOL-95, que establece el método de prueba, para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina, en estaciones de servicio y de autoconsumo.

Para incrementar la eficiencia de las URV ' s, que se muestra en el Cuadro 31, una de las opciones, es poner en marcha la etapa N° 3 de refrigeración criogénica (descrita en el Capítulo 5), en las plantas de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, ya que estas 3 plantas utilizan la tecnología Edwards Engineering y, por lo tanto, tienen que hacer uso del nitrógeno líquido, para lograr que las emisiones a la atmósfera, contengan un máximo de 10 partículas por millón (ppm) de hidrocarburos.

6.3.3 MANTENIMIENTO DE LOS AUTOTANQUES.

A continuación se presenta una breve descripción, de los autotanques utilizados en los 4 centros de almacenamiento y distribución.

Autotanque: Vehículo automotor, destinado y acondicionado con los dispositivos necesarios, para transportar y suministrar combustibles desde las terminales hasta las estaciones de servicio. Éstos cuentan con dispositivos para efectuar la recuperación de vapores, durante su abastecimiento en la terminal y su descarga posterior en la estación de servicio. Las capacidades de los autotanques son de 20,000 lts.

Los dispositivos principales, que debe poseer un autotanque para la descarga de combustible, en una estación de servicio, se enlistan en el Cuadro 32.

**CUADRO 32
COMPONENTES PARA LA DESCARGA DE COMBUSTIBLE EN AUTOTANQUES**

COMPONENTES	FUNCIÓN
Compuerta de 6 y 8 pulg. para compartimento de mangueras.	Proteger de la intemperie, las mangueras para la descarga y la recuperación de vapores.
Dispositivo térmico u óptico.	Servir de interfase, para un sistema de control automático de temperaturas y de nivel de combustibles.
Dispositivo de seguridad neumático.	Prevenir posibles fugas de combustible, durante la carga o descarga del autotanque.



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



**CUADRO 32 (CONTINUACIÓN)
COMPONENTES PARA LA DESCARGA DE COMBUSTIBLE EN AUTOTANQUES**

COMPONENTES	FUNCIÓN
Adaptador de carga con 3 posiciones ó válvula de tres vías.	Permitir la carga de combustible por el fondo del autotanque, su manejo es manual.
Adaptador inclinado.	Permitir descargar el combustible en su totalidad, debido a los 22.5 grados de inclinación.
Tapa de 3 y/o 4 pulg. con agarradera.	Proteger de la intemperie el adaptador inclinado.

Fuente: Estudio Técnico-Económico de rentabilidad de sistemas de recuperación de vapores, para terminales de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos. IMP. Mayo de 1995.

Por otra parte, los dispositivos necesarios para recuperar los vapores desplazados, por el combustible en las operaciones de carga y descarga, se enlistan en el Cuadro 33.

**CUADRO 33
COMPONENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE VAPORES EN AUTOTANQUE**

COMPONENTES	FUNCIÓN
Sistema múltiple de adaptación.	Permitir la carga o descarga múltiple por el fondo del autotanque.
Cubierta para adaptador múltiple.	Proteger de la intemperie el adaptador múltiple.
Dispositivo para recuperación.	Prevenir posibles fugas de vapores, durante la carga y descarga de combustible.
Adaptador para recuperación de vapores de autotanque.	Conectar mangueras para recuperación de vapores del tanque de almacenamiento, de la estación de servicio al autotanque.
Válvula check con dispositivo de seguridad neumático.	Este dispositivo cumple con la función combinada de los dos anteriores.
Tapa de 4 pulg. para adaptador.	Proteger de la intemperie el adaptador de recuperación de vapores del autotanque.
Cople adaptador para manguera de recuperación.	Conectar la manguera de recuperación de vapores al tanque.

Fuente: Idem Cuadro 32.

Las 4 terminales de almacenamiento y distribución de Pemex, cuentan con un total de 260 camiones autotanques, para repartir los productos como son: las gasolinas Pemex Magna, Pemex Premium, así como del Pemex Diesel (Ver Cuadro 34).



**CAPITULO 6
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES
A LA ATMÓSFERA**



**CUADRO 34
CAMIONES AUTOTANQUES**

TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	NÚMERO DE AUTOTANQUES
Añil	64
Azcapotzalco	67
Barranca del Muerto	61
San Juan Ixhuatepec	68
TOTAL	260

Fuente: Capítulo 4.

Para prevenir posibles fugas de combustibles, durante la carga y descarga del autotanque, es necesario realizar mantenimiento cada 3 meses, que permita sellar herméticamente todo el parque vehicular de autotanques, con que cuenta cada terminal y, realizar pruebas de hermeticidad (son los métodos utilizados para comprobar la inexistencia de fugas de hidrocarburos)¹¹, en los autotanques por lo menos cada 12 meses.

Los resultados de las pruebas de hermeticidad en autotanques, provienen de la Subdirección de Protección Ambiental, del Instituto Mexicano del Petróleo y se muestran en el Cuadro 35.

**CUADRO 35
PRUEBAS DE HERMETICIDAD
PORCENTAJE**

FLOTILLA DE AUTOTANQUES	HERMÉTICOS %
Añil	36.67
Azcapotzalco	18.75
Barranca del Muerto	11.76
San Juan Ixhuatepec	68.75

Fuente: IMP. Informe de la eficiencia de las URV's de Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec, y los resultados de las pruebas de hermeticidad en autotanques.

¹¹ Ver puntos del 11 al 15 del anexo 2, de la NOM-092-ECOL-1995.



CAPITULO 6 MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA



Estos resultados indican, que la terminal de San Juan Ixhuatepec, mantiene el mayor porcentaje de autotanques herméticos, con un total de 68.75%, mientras que la terminal de Barranca del Muerto, presenta el menor porcentaje con 11.76%.

Para jerarquizar las 3 medidas de control de emisiones que se proponen en este apartado, se realizó en el siguiente capítulo, un Análisis Costo-Beneficio, para de esta forma, proveer información sólida para la toma de decisiones, en el control de la contaminación, cuanto a en qué aspectos se debe reforzar, para recuperar y restaurar el ambiente degradado y contaminado, y así, frenar las tendencias de deterioro ambiental.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS

COSTO – BENEFICIO

$$B_i = \sum_{t=0}^n \frac{b_i(t) - c_i(t) - k_i}{(1+r)^t}$$



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO



INTRODUCCIÓN

Para la realización del Análisis Costo-Beneficio, es necesario contar con la información del costo y del beneficio esperado, de las medidas de control de emisiones, emprendidas en cada uno de los centros de almacenamiento y distribución, expresados monetariamente, a efecto de contar con un parámetro uniforme de comparación.

Los costos que se identificaron en estas medidas fueron: los atribuibles al mantenimiento que se proporciona a las unidades recuperadoras de vapores, el suministro de nitrógeno líquido a los centros de almacenamiento y distribución, que cuentan con la tecnología Edwards, como es el caso de Añil, Barranca del Muerto y Azcapotzalco, y por último, el mantenimiento que se proporciona a los autotanques.

Los beneficios esperados son: los correspondientes a la puesta en marcha de cada medida de control de emisiones, con el consiguiente impacto en la reducción de emisiones y, los obtenidos por el volumen adicional de gasolina.

Por último, se presenta una valoración de Costos, Beneficios, Valor Presente Neto (VPN) y la relación Beneficio-Costo (B/C).



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO



7.1 COSTOS.

Los costos que se desglosan en los siguientes apartados, se presentan por Centro de Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos.

La puesta en marcha de las 3 medidas de control, para reducir las emisiones a la atmósfera, implica un costo, el cual será asumido en su totalidad por Pemex, y se clasifica dentro de este estudio, como costo privado cuantificable.

7.1.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO EN UNIDADES RECUPERADORAS DE VAPORES CON TECNOLOGÍAS EDWARDS Y SHOSEKI.

El costo de mantenimiento, para las unidades recuperadoras de vapores en los 4 Centros de Almacenamiento y Distribución, no es el mismo, debido principalmente al tipo de tecnología empleada. En las Terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, se utiliza la tecnología Edwards, y en San Juan Ixhuatepec, se emplea la tecnología Shoseki. En el Capítulo 5, se presenta una descripción de ambas tecnologías.

Los costos correspondientes a URV ' s, en cada Centro de Almacenamiento y Distribución, se presentan en el Cuadro 36, donde podemos observar que el costo más alto lo tiene San Juan Ixhuatepec, que utiliza la tecnología Shoseki, con \$1'000,000, y los demás centros con \$252,000; a excepción de Azcapotzalco, que tiene el costo más bajo con \$250,000.

Cabe aclarar, que en el caso del costo del mantenimiento en la URV de Barranca del Muerto, no se obtuvo el costo con algún proveedor, razón por la que se optó emplear el costo más alto, de los ya obtenidos para Añil y Azcapotzalco, siendo el de Añil el seleccionado, dado que cuentan con el mismo tipo de tecnología.

Resulta interesante destacar, que el costo de mantenimiento de los 3 centros que emplean la tecnología Edwards, no superan el costo del centro que emplea la tecnología Shoseki (Ver Cuadro 36).

Todos los costos, se van a dar en Unidades Monetarias Normalizadas (U.M.N.), que se obtuvieron considerando como unidad, el costo de mantenimiento en la URV, instalada en la terminal de San Juan Ixhuatepec, que opera con la tecnología Shoseki, dividida entre \$ 1,000,000.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



**CUADRO 36
COSTO DE MANTENIMIENTO EN URV 's
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
TECNOLOGÍA EDWARDS ENGINEERING		
1. AÑIL¹		
Obra civil ²	40,000	40,000
Instalación de tuberías ²	11,232	11,232
Otros no especificados	200,768	200,768
COSTO DE MANTENIMIENTO	252,000	252,000
2. AZCAPOTZALCO¹		
Instalación de tuberías	11,232	11,232
Otros no especificados	238,768	238,768
COSTO DE MANTENIMIENTO	250,000	250,000
3. BARRANCA DEL MUERTO³		
Instalación de tuberías	11,232	11,232
Otros no especificados	240,768	240,768
COSTO DE MANTENIMIENTO	252,000	252,000
TECNOLOGÍA SHOSEKI ENGINEERING		
4. SAN JUAN IXHUATEPEC⁴		
Instalación de tuberías	11,232	11,232
Otros no especificados	988,768	988,768
COSTO DE MANTENIMIENTO	1,000,000	1,000,000
COSTO EDWARDS 3 CENTROS	754,000	754,000
COSTO SHOSHEKI 1 CENTRO	1,000,000	1,000,000
COSTO 4 CENTROS	1,754,000	1,754,000

Fuente: Elaboración propia con datos de INTER-REF, S.A. DE C.V., JOHN ZINK; Y PRAXAIR MÉXICO.

Nota: Como los costos del año 1, son los mismos en los años siguientes, únicamente se presentan el año 1 y el 20. En el análisis se considera el VPN para cada año.

¹ INTER-REF, S.A DE C.V. 23 de Noviembre de 1999.

² PRAXAIR MÉXICO, S.A DE C.V, Diciembre de 1999. La obra civil, sólo se desglosa para Añil, pero se contabilizó en los otros centros, en otros no especificados. En lo que corresponde a la instalación de tuberías, cada URV, requiere 15 metros de tubería y, el metro tiene un costo de 80 dlls. Se realizó la conversión de dólar a pesos con el tipo de cambio a \$ 9.36, éste corresponde al promedio del mes de febrero del 2000.

³ En el caso del costo de Barranca del Muerto, se asignó el costo de Añil, porque es el más alto.

⁴ JOHN ZINK, 29 de Noviembre de 1999.



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



7.1.3 COSTO DE UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO.

El nitrógeno líquido, cumple una función de refrigerante, en el proceso de recuperación de vapores de gasolina, en las URV 's de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, que tienen tecnología Edwards, y que son las que pueden emplearlo, para incrementar su eficiencia.

El consumo de nitrógeno líquido, para que la concentración de vapores de hidrocarburos emitidos a la atmósfera, sea menor a 10 miligramos por cada litro, en su emisión, debe ser de 63,590 m³/mes. Si este consumo, lo multiplicamos por el precio del nitrógeno líquido (\$ 1.45/m³), obtenemos el costo mensual que implicaría el empleo de nitrógeno líquido (\$ 92,205.5), por cada m³/mes.

Para obtener el costo anual (\$ 1,106,466), se multiplica el total mensual (\$ 92,205.5) por 12, que es el número de meses al año.

Para emplear el nitrógeno líquido, es necesario efectuar el mantenimiento a las URV 's, razón por la que se considera también en este apartado, como un costo que debe agregarse necesariamente en esta medida de control de emisiones (Ver Cuadro 37).

CUADRO 37
COSTO TOTAL POR UTILIZAR NITRÓGENO LÍQUIDO
U.M.N.

TERMINAL	COSTO ANUAL POR UTILIZAR NITRÓGENO LÍQUIDO	COSTO DE MANTENIMIENTO A URV 's	COSTO TOTAL
Añil	1,106,466	252,000	1,358,466
Azcapotzalco	1,106,466	250,000	1,356,466
Barranca del Muerto	1,106,466	252,000	1,358,466

Fuente: Elaboración propia.

El costo anual y total que implicaría el empleo de nitrógeno líquido, se presenta en el Cuadro 38.



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO



CUADRO 38
COSTO DE UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO⁵
U.M.N.

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
Añil	1,358,466	1,358,466
Azcapotzalco	1,356,466	1,356,466
Barranca del Muerto	1,358,466	1,358,466

Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por PRAXAIR MÉXICO, S.A. DE C.V.

Nota: Como los costos del año 1, son los mismos en los años siguientes, únicamente se presentan el año 1 y el 20. En el análisis se considera el VPN para cada año.

7.1.4 COSTOS DE MANTENIMIENTO EN AUTOTANQUES.

El costo de mantenimiento anual de un autotanque, que se presenta en el Cuadro 39, se calculó con el costo de la mano de obra, se obtuvo en un principio en dólares por hora (30 dls); este costo, se convirtió a pesos, con el tipo de cambio promedio, observado en febrero del 2000 (\$ 9.37), el costo en pesos (\$ 281.1) se multiplicó, por el número de horas requerido para efectuar el mantenimiento de cada unidad, que son 3 (\$ 843.3), y el número de veces que se les da el servicio de mantenimiento al año que son 2 (\$ 1,686.6).

El costo de refacciones⁶ (\$ 14,992), se calculó de manera similar al costo de mano de obra, en dólares (800 dls), se convirtió a pesos (\$ 7,496), con el mismo tipo de cambio, pero únicamente se multiplicó por el número de veces que se realiza el mantenimiento de un autotanque al año, que como ya se mencionó, es 2 veces al año.

La suma de la mano de obra y las refacciones, arrojan como resultado, que el costo anual de mantenimiento de un autotanque es de \$ 16, 678.6 (Ver Cuadro 39).

⁵ PRAXAIR MÉXICO. Op. Cit. Diciembre de 1999.

⁶ ESENCO INTERNACIONAL, 27 de Enero del 2000.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



**CUADRO 39
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DE UN AUTOTANQUE
U.M.N.**

COSTO DE MANO DE OBRA	COSTO DE REFACCIONES	COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO
1,686.6	14,992	16,678.6

Fuente: Elaboración propia, con datos de ESENCO INTERNACIONAL..

El siguiente paso, fue conocer el número de autotanques, con los que cuenta cada Centro de Almacenamiento y Distribución, los cuales se detallan en el Cuadro 40. También, se muestra el costo por centro y el total de la medida de control, que se obtiene al multiplicar, el número de autotanques de cada centro, por el costo anual de mantenimiento (\$ 16,678.6).

**CUADRO 40
COSTO DE MANTENIMIENTO EN AUTOTANQUES POR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
Y ALMACENAMIENTO
U.M.N.**

CENTRO	Nº. DE AUTOTANQUES	COSTO ANUAL
Añil	64	1,067,430
Azacapotzalco	67	1,117,466
Barranca del Muerto	61	1,017,395
San Juan Ixhuatepec	68	1,134,145
TOTAL	260	4,336,436

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 41, se efectúa un desglose del mantenimiento anual de los autotanques por centro, en los 20 años que comprende el análisis de la medida de control, el cual supone que no varía el número de autotanques considerados en el año base.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



**CUADRO 41
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO A AUTOTANQUES
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
Añil	1,067,430	1,067,430
Azcapotzalco	1,117,466	1,117,466
Barranca del Muerto	1,017,395	1,017,395
San Juan Ixhuatepec	1,134,145	1,134,145
COSTO TOTAL	4,336,436	4,336,436

Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por ESENCO INTERNACIONAL.

Nota: Como los costos del año 1, son los mismos en los años siguientes, únicamente se presentan el año 1 y el 20. En el análisis se considera el VPN para cada año.

7.2 COSTO EN LOS 4 CENTROS.

En el Cuadro 42, se presenta el impacto en costo en los 4 centros de Almacenamiento y Distribución, por mantenimiento a unidades recuperadoras de vapores y, por la utilización de nitrógeno líquido.

El costo total (\$ 5,827,398), será asumido en su totalidad por Pemex, por tal motivo, en este estudio, se clasifica, como costo privado cuantificable.

**CUADRO 42
COSTO EN LOS 4 CENTROS
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
MANTENIMIENTO A URV' s		
Añil	252,000	252,000
Azcapotzalco	250,000	250,000
Barranca del Muerto	252,000	252,000
San Juan Ixhuatepec	1,000,000	1,000,000
COSTO EN LOS 4 CENTROS	1,754,000	1,754,000
NITRÓGENO LÍQUIDO		
Añil	1,358,466	1,358,466
Azcapotzalco	1,356,466	1,356,466
Barranca del Muerto	1,358,466	1,358,466
COSTO EN LOS 3 CENTROS	4,073,398	4,073,398
COSTO TOTAL	5,827,398	5,827,398

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Como los costos del año 1, son los mismos en los años siguientes, únicamente se presentan el año 1 y el 20. En el análisis se considera el VPN para cada año.



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO



Cabe señalar, que se separó el costo de mantenimiento a autotanques, porque las estimaciones del ahorro en emisiones que se tienen, y por ende, los beneficios, no son específicos para este rubro, ya que estos consideran de manera global emisiones por: medición de niveles, fugas en el transporte (hermeticidad de autotanques), emisiones por descarga en estaciones de servicio y, emisiones por falta de hermeticidad, en estaciones de servicio, o por deficiencias del sistema de recuperación de vapores, en las propias estaciones de servicio.

Es decir, no se realizará el costo-beneficio, de la tercer medida, que es la del mantenimiento a autotanques, porque el costo obtenido solamente corresponde a fugas en el transporte, y no por los demás conceptos enunciados en el párrafo anterior.

7.3 BENEFICIOS.

En este apartado, se abordan los beneficios que se derivan de las 2 medidas emprendidas (mantenimiento a URV 's y utilización de nitrógeno líquido), para la reducción de emisiones, y recuperación de hidrocarburos en los Centros de Almacenamiento y Distribución de Pemex.

7.3.1 BENEFICIOS PÚBLICOS CUANTIFICABLES.

(REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA, POR MANTENIMIENTO A URV' s)

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el costo ambiental de emitir una tonelada de hidrocarburos (HC) a la atmósfera, en pesos de 1998, es de 7,930 (\$ / ton.).

Este costo se actualizó a pesos del mes de febrero del año 2000, con el Índice Nacional de Precios al Consumidor, obteniéndose un total de 9,873 (\$ / ton.).

Usando este costo y el ahorro en emisiones, por dar mantenimiento a las Unidades Recuperadoras de Vapores con tecnología Edwards y Shoseki, se encontró que el beneficio anual en pesos del 2000 del período 2000-2020 es el que se muestra en el Cuadro 43.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



**CUADRO 43
BENEFICIOS PÚBLICOS CUANTIFICABLES
MANTENIMIENTO A URV's
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
TECNOLOGÍA EDWARDS ENGINEERING		
1. Añil	618,345	618,345
2. Azcapotzalco	1,232,868	1,232,868
3. Barranca del Muerto	2,035,280	2,035,280
TECNOLOGÍA SHOSEKI ENGINEERING		
4. San Juan Ixhuatepec	947,338	947,338
BENEFICIO EDWARDS 3 CENTROS	3,886,493	3,886,493
BENEFICIO SHOSEKI 1 CENTRO	947,338	947,338
BENEFICIO 4 CENTROS	4,833,831	4,833,831

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios públicos cuantificables, correspondientes al mantenimiento en URV ' s, se muestran en el cuadro 43, donde podemos observar que el mayor beneficio, en lo que respecta a la reducción de emisiones a la atmósfera, corresponde a la terminal de Barranca del Muerto, que utiliza la tecnología Edwards, con 2,035,280 (\$ / ton.), le sigue la terminal de Azcapotzalco y en tercer lugar, se encuentra la terminal de San Juan Ixhuatepec, que utiliza la tecnología Shoseki, para recuperar los vapores de hidrocarburos en forma líquida. Por otro lado, la terminal de Añil, presenta el beneficio más bajo, con 618,345 (\$ / ton.).

El beneficio que proporciona la tecnología Edwards, con los 3 centros con que cuenta es 4 veces superior al beneficio de la tecnología Shoseki, con 1 centro en San Juan Ixhuatepec.

El ahorro en emisiones por el mantenimiento en URV ' s: las terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, que utilizan la tecnología Edwards, dejan de emitir, 62.6299 toneladas de hidrocarburos al año; 124.8727 ton. / año y 206.1461 ton / año, respectivamente.

La terminal de San Juan Ixhuatepec, que utiliza la tecnología Shoseki, deja de emitir 95.9524 toneladas de hidrocarburos al año.

El beneficio público cuantificable, se obtiene al multiplicar, el costo ambiental de emitir una tonelada de hidrocarburos a la atmósfera (\$ 9,873), por el ahorro de emisiones, debido al mantenimiento que se realiza en URV ' s con tecnologías Edwards y Shoseki Engineering.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO**



7.3.2 BENEFICIOS PÚBLICOS CUANTIFICABLES.

(REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA POR UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO)

Conviene recordar, que en el capítulo 5 se describió el proceso de las Unidades Recuperadoras de Vapores, mediante la tecnología Edwards, que es un sistema de refrigeración mecánica y criogénica, que consiste en 3 etapas de refrigeración, las primeras 2 mecánicas (en cascada) y la última criogénica con (nitrógeno líquido).

Haciendo uso del nitrógeno líquido en las URV ' s instaladas en las terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, la concentración de vapores de hidrocarburos emitidos a la atmósfera, es menor a 10 miligramos por cada litro.

Utilizando el costo que representa emitir una tonelada de hidrocarburos a la atmósfera (\$ 9,873), y el ahorro en emisiones por utilizar nitrógeno líquido, en las URV ' s de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, el beneficio anual, es el mostrado en el Cuadro 44.

**CUADRO 44
BENEFICIO PUBLICO CUANTIFICABLE
POR UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
Añil	1,334,804	1,334,804
Azcapotzalco	2,020,052	2,020,052
Barranca del Muerto	2,977,604	2,977,604
BENEFICIO 3 CENTROS	6,332,460	6,332,460

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Cuadro 44, la terminal que presenta el mayor beneficio cuantificable, en cuanto a la reducción de emisiones, es la de Barranca del Muerto, con 2,977,604 (\$ / ton.) y, el beneficio más bajo, lo tiene la terminal de Añil, con 1,334,804.

Las URV ' s de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, dejan de emitir a la atmósfera 135.1974 toneladas de hidrocarburos al año; 204.6037 ton. / año y 301.5906 ton. / año, respectivamente, al utilizar el nitrógeno líquido. Si esas cantidades, las multiplicamos por el costo de emitir una tonelada de hidrocarburos (\$ 9,873), obtenemos el beneficio público cuantificable de la segunda medida de control, que se refiere a la utilización de nitrógeno líquido.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO**



**7.3.3 BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES.
(RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS, POR MANTENIMIENTO A URV ' s)**

En lo que concierne al volumen de gasolina recuperada, mediante las unidades recuperadoras de vapores, instaladas para este fin, en los 4 Centros de Almacenamiento y Distribución de Pemex, el volumen de gasolina que se recupera, es enviado a un tanque de almacenamiento de recuperados, donde dependiendo de la calidad que presente, se mezcla con la gasolina Pemex Magna, almacenada en otros tanques en determinado volumen.

**CUADRO 45
BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES
MANTENIMIENTO A URV's
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
TECNOLOGÍA EDWARDS ENGINEERING		
1. Añil	607,038	607,038
2. Azcapotzalco	1,134,083	1,134,083
3. Barranca del Muerto	1,917,789	1,917,789
TECNOLOGÍA SHOSEKI ENGINEERING		
4. San Juan Ixhuatepec	531,993	531,993
BENEFICIO EDWARDS 3 CENTROS	3,658,910	3,658,910
BENEFICIO SHOSEKI 1 CENTRO	531,993	531,993
BENEFICIO 4 CENTROS	4,190,903	4,190,903

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 45, se muestran los beneficios privados cuantificables (recuperación de gasolina), que corresponden al mantenimiento en URV ' s.

En general, las 3 terminales que emplean la tecnología Edwards, presentan un beneficio total de 3,658,910 (\$ / lts.). Destaca la terminal de Barranca del Muerto, ya que tiene el mayor beneficio con 1,917,789 (\$ / lts.).

Por otra parte, cabe señalar que en el centro de San Juan Ixhuatepec, que utiliza la tecnología Shoseki, se encuentra el menor beneficio, con 531,993 (\$ / lts.).

El volumen de gasolina recuperado, en las terminales de Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec, es de 123,632.9939 litros al año, 230,974.1344 lts. / año, 390,588.391 lts. / año y 108,348.8798 lts. / año, respectivamente. Si esas cantidades se multiplican por el precio de la gasolina Pemex Magna que es de (\$ 4.91), se obtiene el beneficio privado cuantificable, de la medida de control, que corresponde al mantenimiento en las URV ' s.



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**



Cabe señalar, que no se incluyeron como factores, que en un momento determinado afectan el precio de la gasolina recuperada, como puede ser el hecho de que el hidrocarburo no presenta la misma calidad, o de que para su disposición se tengan que bombear a los tanques de almacenamiento.

El primer factor, no se consideró, debido a que no cambia el volumen del líquido de hidrocarburo, distribuido y expendido en los centros de consumo, es decir; se diluye en la Pemex Magna.

El segundo factor, se omite por considerar que su monto es insignificante, ya que en un momento dado, se tenía que prorratar el costo de depreciación de las bombas de ISHP y de la tubería de 1 pulg. de diámetro, entre el volumen recuperado de hidrocarburos a 20 años.

**7.3.4 BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES.
(RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS, POR UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO)**

La tercera etapa de enfriamiento, del proceso de la unidad de recuperación de vapores, que opera con tecnología Edwards Engineering, se le conoce como refrigeración criogénica, que trabaja con nitrógeno líquido (Ver pág. 75).

Este último, se debe utilizar en las URV ' s, instaladas en las terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, para incrementar la eficiencia, en cuanto a la recuperación de vapores de hidrocarburos, en forma líquida.

En las URV ' s de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, el volumen de gasolina recuperado, es de 214,363.9511 litros al año, 303,976.7821 lts / año y 458,979.2261 lts. / año, respectivamente.

Para obtener el beneficio privado cuantificable, que corresponde a la utilización de nitrógeno líquido, solo se multiplica el volumen de gasolina recuperado, en cada terminal, por (\$ 4.91), que corresponde al precio de la gasolina Pemex Magna, en el mes de febrero del año 2000 (Ver cuadro 46).

**CUADRO 46
BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES
POR UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO
U.M.N.**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
1. Añil	1,052,527	1,052,527
2. Azcapotzalco	1,492,526	1,492,526
3. Barranca del Muerto	2,253,588	2,253,588
BENEFICIOS 3 CENTROS	4,798,641	4,798,641

Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Los beneficios, se derivan en públicos y privados. En el Cuadro 47, presentamos los beneficios totales (Beneficios públicos + Beneficios privados), de la primera medida de control de emisiones, que es la de mantenimiento en URV ' s.

CUADRO 47
BENEFICIOS TOTALES
(MANTENIMIENTO EN URV ' s)
U. M. N.

CONCEPTO	BENEFICIOS PÚBLICOS CUANTIFICABLES	BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES	BENEFICIOS TOTALES
Añil.	618,345	607,038	1,225,383
Azcapotzalco.	1,232,868	1,134,083	2,366,951
Barranca del Muerto.	2,035,280	1,917,789	3,953,069
San Juan Ixhuatepec.	947,338	531,993	1,479,331
TOTAL	4,833,831	4,190,903	9,024,734

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios totales, son de \$ 9,024,734 de los cuales, \$ 4,833,831 corresponden a los beneficios públicos (reducción de emisiones a la atmósfera), y \$ 4,190,903, a los beneficios privados (recuperación de gasolina).



CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Los beneficios totales, de la segunda medida de control, que corresponde a la utilización de nitrógeno líquido, se muestran en el Cuadro 48.

CUADRO 48
BENEFICIOS TOTALES
(UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO)
U. M. N.

CONCEPTO	BENEFICIOS PÚBLICOS CUANTIFICABLES	BENEFICIOS PRIVADOS CUANTIFICABLES	BENEFICIOS TOTALES
Añil.	1,334,804	1,052,527	2,387,331
Azcapotzalco.	2,020,052	1,492,526	3,512,578
Barranca del Muerto.	2,977,604	2,253,588	5,231,192
TOTAL	6,332,460	4,798,641	11,131,101

Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar, que el beneficio total, es de \$ 11,131,101, de los cuales \$ 6,332,460, corresponden a los beneficios públicos (reducción de emisiones a la atmósfera), y los otros \$ 4,798,641, corresponden a los beneficios privados (recuperación de gasolina).



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



7.3.5 BENEFICIOS POR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN.

Los beneficios por Centro de Almacenamiento y Distribución, por la aplicación de las 2 medidas, para las que fue posible cuantificar los beneficios, se analizaron de manera independiente entre sí, tal como se aclaró en los apartados correspondientes, a costos de mantenimiento de URV ' s y por la utilización de nitrógeno líquido. Los beneficios totales (Beneficios públicos + Beneficios privados), se muestran en el Cuadro 49.

CUADRO 49
BENEFICIOS POR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
U.M.N.

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 20
1. MANTENIMIENTO A URV ' s		
Añil	1,225,383	1,225,383
Azcapotzalco	2,366,951	2,366,951
Barranca del Muerto	3,953,069	3,953,069
San Juan Ixhuatepec	1,479,331	1,479,331
TOTAL	9,024,734	9,024,734
2. NITROGENO LIQUIDO		
Añil	2,387,331	2,387,331
Azcapotzalco	3,512,578	3,512,578
Barranca del Muerto	5,231,192	5,231,192
TOTAL	11,131,101	11,131,101

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Como los costos del año 1, son los mismos en los años siguientes, únicamente se presentan el año 1 y el 20. En el análisis se considera el VPN para cada año.

Los datos correspondientes al Cuadro 49, se desglosaron, en Beneficios totales (públicos + privados), por mantenimiento en URV 's, (Ver Cuadro 47).

De igual forma, en el Cuadro 48, se muestran los Beneficios totales (públicos + privados), que se desglosaron por utilización de nitrógeno líquido. (Ver Cuadro 49).



**CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO**



7.4 VALOR PRESENTE NETO DE COSTOS Y BENEFICIOS⁷.

En este apartado, se actualizan tanto costos como beneficios, que se presentan anualmente a lo largo de los 20 años del período de estudio, para que converjan en el tiempo cero, para lo cual se expresan en valor presente, mediante una tasa de descuento, que en este caso será la de los certificados de la tesorería (CETES) a 28 días, que en el mes de febrero del 2000, promedió 15.81%⁸.

En primera instancia, se presenta el valor presente de los costos en el Cuadro 49, donde puede observarse, que el valor más alto en cuanto a mantenimiento de URV ' s, es el de San Juan Ixhuatepec, superando incluso la suma de los otros 3 centros de distribución.

**CUADRO 49
VALOR PRESENTE NETO DE COSTOS
PERIODO (2000-2020)
U.M.N.**

CONCEPTOS	VPN
MANTENIMIENTO A URV ' s	
1. Añil	1,509,293
2. Azcapotzalco	1,497,315
3. Barranca del Muerto	1,509,293
4. San Juan Ixhuatepec	5,989,259
NITRÓGENO LÍQUIDO	
1. Añil	8,136,205
2. Azcapotzalco	8,124,227
3. Barranca del Muerto	8,136,205

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la utilización de nitrógeno líquido, las terminales de Añil y Barranca del Muerto, presentan el mayor valor presente, de los costos.

⁷ Ver anexo 4.

⁸ <http://www.ineqi.gob.mx/>. Tasa de interés promedio mensual de CETES a 28 días en el mes de Febrero del 2000 (15.81%).



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



Por último, se presenta el valor presente, de los beneficios en el Cuadro 50.

CUADRO 50
VALOR PRESENTE NETO DE BENEFICIOS
PERIODO (2000-2020)
U.M.N.

CONCEPTOS	VPN
MANTENIMIENTO A URV'S	
1. Añil	7,339,140
2. Azcapotzalco	14,176,286
3. Barranca del Muerto	23,675,957
4. San Juan Ixhuatepec	8,860,095
NITRÓGENO LÍQUIDO	
1. Añil	14,298,344
2. Azcapotzalco	21,037,744
3. Barranca del Muerto	31,330,965

Fuente: Elaboración propia.

Se observa, que la terminal de Barranca del Muerto, presenta el mayor valor presente de los beneficios, en las 2 medidas de control, es decir; en el mantenimiento a URV ' s y en la utilización de nitrógeno líquido.

7.5 RELACIÓN BENEFICIO-COSTO⁹.

En este apartado, se comparan los costos y beneficios, en que se incurre con las medidas implantadas, con vistas a reducir emisiones, debidas al Almacenamiento y Distribución de gasolinas en la ZMVM, en un período de 20 años.

La relación Beneficio-Costo, es uno de los criterios utilizados en la evaluación de proyectos, el cual establece que una alternativa es aceptable, si su razón de beneficio/costo, es igual o mayor que 1.

Los beneficios se encuentran constituidos por la mejora ambiental, por reducción de emisiones y, el volumen de gasolina recuperado, en las unidades recuperadoras de vapores, instaladas en los 4 centros de distribución existentes.

⁹ Ver anexo 5.



CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO



La relación beneficio-costo, se estableció al comparar el VPN de los costos y beneficios, ya calculados en el apartado correspondiente.

La relación beneficio-costo, es en todos los casos superior a la unidad (Ver Cuadro 51), lo que significa que con la implantación de estas medidas de control de emisiones, se recupera cada peso que se invierte e incluso, se obtiene una ganancia sustancial, que llega a representar una relación de 15 a 1, como es el caso de Barranca del Muerto con el mantenimiento a las URV 's.

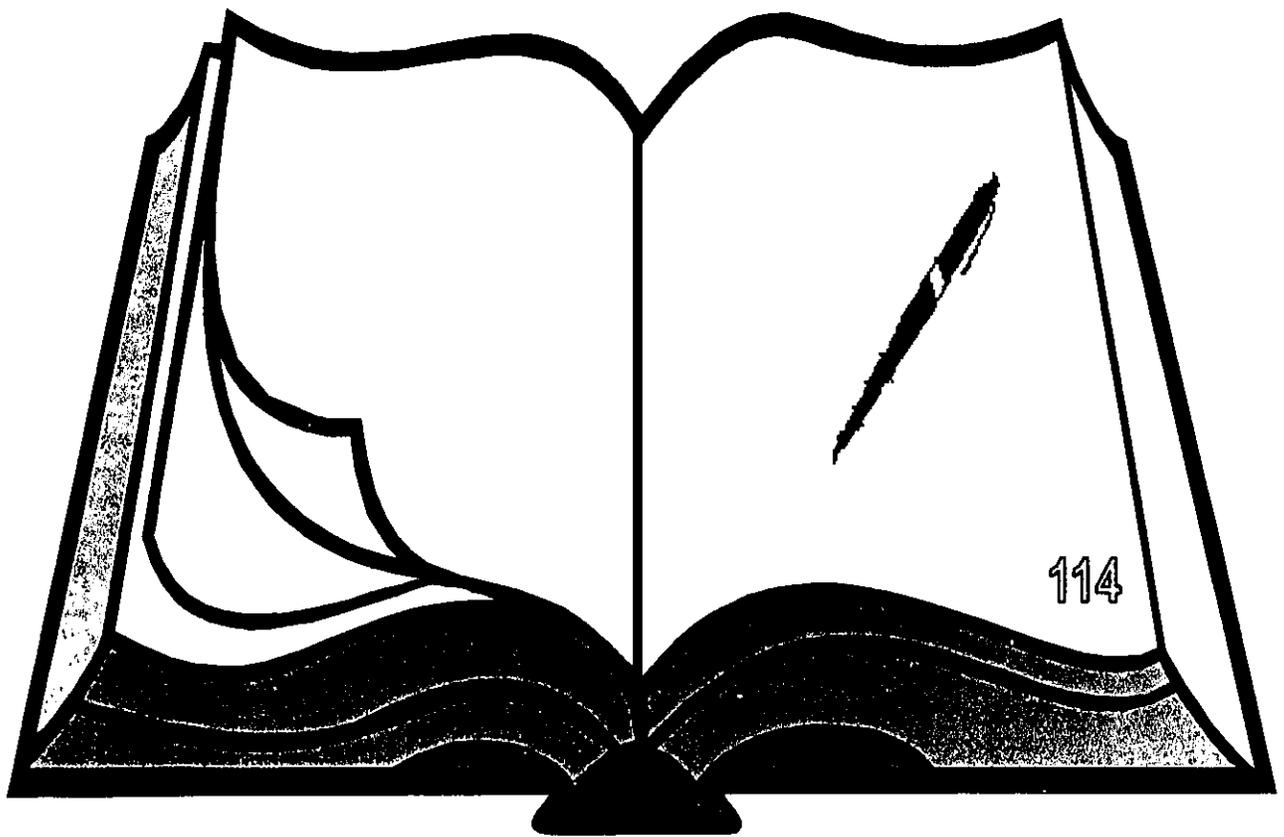
CUADRO 51
RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
PERIODO (2000-2020)
U.M.N.

CONCEPTOS	RBC
MANTENIMIENTO A URV 's	
1. Añil	4.86
2. Azcapotzalco	9.47
3. Barranca del Muerto	15.69
4. San Juan Ixhuatepec	1.48
NITRÓGENO LÍQUIDO	
1. Añil	1.76
2. Azcapotzalco	2.59
3. Barranca del Muerto	3.85

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la utilización de nitrógeno líquido, la terminal de Barranca del Muerto, presenta la mayor relación beneficio-costo, con 3.85.

CONCLUSIONES





CONCLUSIONES



Las características geográficas y topográficas del Valle de México, favorecen la concentración de la contaminación atmosférica. El Valle está bordeado por altas montañas, lo cual limita la circulación del viento y la evacuación de los contaminantes. Los vientos suaves dominantes, propician que las emisiones generadas en las zonas de mayor concentración urbana, industrial, de servicios y con mayor tránsito vehicular, sean transportados hacia el resto de la Ciudad. Sin embargo, su baja velocidad no permite su dispersión hacia fuera del Valle. Adicionalmente, durante casi todo el año, ocurren inversiones térmicas, que propician el estacionamiento y la acumulación de los contaminantes a nivel de superficie.

La alta radiación solar que se recibe, favorece las reacciones fotoquímicas, entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (producto de la quema de combustibles), propiciando la formación acelerada de ozono.

Debido a que el Valle está ubicado a una altitud de 2 mil 240 metros, sobre el nivel del mar, el contenido de oxígeno en su atmósfera es 23% menor que a nivel del mar, lo que hace más ineficientes y contaminantes, todos los procesos de combustión.

Sabemos que la economía, es el estudio de cómo conseguir el mejor, u óptimo, empleo de los recursos limitados, y esto provocó un gran problema, ya que ha llevado a escoger entre alternativas de utilización de recursos, por parte de la sociedad. Este tema primordial de la teoría económica, ha sido discutido ampliamente en la denominada, Economía del Bienestar. Esta es aquella parte del estudio de la economía, que explica como identificar y lograr una asignación de recursos, socialmente eficiente.

Dentro de la economía del bienestar, existe una rama especializada denominada economía del bienestar aplicada, que consiste, en la cuantificación o medición de los Beneficios y/o Costos de las diferentes alternativas de asignación de recursos. Por lo tanto, se concluye que el Análisis Costo-Beneficio (ACB), es una herramienta de la economía del bienestar aplicada.

Los antecedentes del uso del ACB, provienen de los países desarrollados a partir de la década de los años treinta. En los Estados Unidos, se aplicó en forma práctica, en el desarrollo de los recursos hidráulicos. En 1936, la Ley de Control de Riadas, estableció como condición para que un proyecto sea autorizado, que los beneficios que se esperan de la implantación del proyecto, excedan los costos previstos.

También existe el criterio de la razón de costo/beneficio, según éste, un proyecto es aceptable, si su razón de costo/beneficio, es igual o mayor que 1.



CONCLUSIONES



El Análisis Costo-Beneficio (ACB), es un procedimiento utilizado para comparar diferentes alternativas de inversión, con el fin de señalar la más conveniente, desde el punto de vista de la sociedad.

El ACB, consiste en la agregación del valor presente neto de los beneficios y costos relevantes, derivados de un proyecto, para la sociedad. Los costos y los beneficios sociales, tienen por finalidad representar no los costos y beneficios financieros para un individuo determinado, sino el verdadero costo de oportunidad de los insumos y los productos (como bienes, mano de obra o divisas), para una economía. Cualquier proyecto de inversión, genera una corriente de beneficios, al sustraer la inversión inicial y los costos de operación, se obtienen los beneficios netos del proyecto.

Ahora bien, para hacerlos comparables, deben medirse en unidades monetarias, a precios de mercado, dado que la decisión de inversión se toma en el presente, la corriente de beneficios netos en cada período, deben convertirse a su valor presente, para ello debe emplearse una tasa de descuento apropiada, que refleje la preferencia que la sociedad tenga por consumir hoy en lugar de mañana, o bien, el importe que podría haberse obtenido, si los fondos se hubieran invertido en otra cosa.

En su aplicación, el método de Costo-Beneficio, ha resultado típicamente en la cuantificación y valoración, solo de aquellas partidas del costo y del beneficio fáciles de cuantificar y valorar. Sin embargo, hace unos cuantos años atrás, se ha logrado un avance considerable, en cuanto a incorporar al análisis cuantitativo de Costo-Beneficio, ciertos beneficios y costos asociados, con bienes y satisfactores " que no salen al mercado " (debido a problemas de factores externos, por ejemplo). Esta extensión del ACB, para incluir los bienes que " no salen al mercado ", es sin duda una contribución al perfeccionamiento de este análisis. Pero aún, existen ciertos beneficios que no se pueden medir de manera directa, en términos monetarios (como por ejemplo, el valor del aire no contaminado). Por lo tanto, dentro del ACB, se presentan cálculos que son intangibles.

Por definición, la gasolina, es la mezcla de hidrocarburos líquida, incolora, muy volátil y fácilmente inflamable.

En este trabajo de tesis, nos centramos en el uso más importante de la gasolina: como combustible, para motores de combustión interna.

El Valle de México, enfrenta el grave problema de contaminación atmosférica, que más que a las características geográficas y topográficas, se debe a la explosión demográfica, que trae consigo, el que circulen más vehículos en la Zona



CONCLUSIONES



Metropolitana del Valle de México (ZMVM). La principal fuente de contaminación del aire, son los vehículos con un 85%.

Las autoridades ambientales, tanto en las economías industrializadas, como en México, impusieron restricciones sobre ciertos parámetros, que contribuyen al deterioro de la calidad del aire. Estas restricciones han dado lugar a reformular las gasolinas, lo que significa limitar el uso de algunas fuentes de octano, que derivan en modificaciones indeseables en algunas de las propiedades de las gasolinas.

Estudios realizados por la Sociedad de Ingeniería Automotriz de los Estados Unidos, para medir los efectos de la gasolina reformulada, señalan que los beneficios, que se logran en vehículos equipados con convertidor catalítico de tres vías, consisten en reducir drásticamente, las emisiones de hidrocarburos, hasta 40%, monóxido de carbono, hasta 22% y óxidos de nitrógeno, hasta 17%, con respecto al nivel de contaminantes que emiten estos vehículos, al usar una gasolina sin plomo no reformulada.

Es así como se concluye, que para reducir el impacto de las emisiones de los automóviles, debe existir un esfuerzo conjunto de la industria automotriz y la petrolera.

Después de haber realizado este estudio de las gasolinas, se destaca un punto muy importante, y es que la gasolina cuenta con una alta presión de vapor; sus componentes más ligeros tienden a pasar de la fase líquida, a la fase vapor durante las diversas operaciones y maniobras a las que son sometidas, por ejemplo, durante su almacenamiento, distribución y su comercialización o venta al público. Esta evaporación de las gasolinas, es otra fuente de contaminación, a la atmósfera, que ocasionan problemas de consideración en la salud.

Ante esta situación, Pemex-Refinación, estableció programas específicos para minimizar la emisión de hidrocarburos gaseosos, que se fugan a la atmósfera, como es el caso de suministrar gasolina con menor volatilidad.

A través del desarrollo de la tesis, se determinó que las gasolinas y el diesel producidos por Pemex-Refinación, son de alta calidad, equiparables a las producidas internacionalmente, al poner especial cuidado en la conservación y regeneración del medio ambiente.

Actualmente, se impulsa el consumo de gasolinas sin plomo de alto octano, como son, la Pemex Magna y Pemex Premium.



CONCLUSIONES



El beneficio, que recibirá la población, como resultado de la introducción de la gasolina Pemex Magna, equivaldrá a un inicio a reducir 12% las emisiones de hidrocarburos, y 4% las emisiones de óxidos de nitrógeno.

En diesel, se disminuyó el contenido de azufre y actualmente se distribuye el diesel de muy bajo contenido de azufre, su calidad, es reconocida como uno de los mejores del mundo.

Se verificó, que entre las fuentes fijas, que generan emisiones contaminantes a la atmósfera, se encuentran las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución, que proveen combustibles, localizadas en la ZMVM (Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec).

Cuando no se tienen integrados, equipos para el control de la contaminación en estas fuentes, se producen hidrocarburos volátiles, que contribuyen a afectar el entorno ecológico. En la ZMVM, estos compuestos orgánicos volátiles (COV ' s), son los precursores del ozono.

Por lo anterior, las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex, tienen instalado, un sistema de recuperación de vapores, que les permite tener un control, en la emisión de hidrocarburos.

El sistema de recuperación de vapores, es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos, especialmente diseñados, para recuperar y controlar las emisiones de los vapores de gasolina, producidos en las operaciones de transferencia de este combustible, en las estaciones de servicio y de autoconsumo, que de otra manera, serían emitidos libremente a la atmósfera.

Las Terminales de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto, cuentan con una unidad recuperadora de vapores (URV ' s), en donde los vapores de hidrocarburos de los autotanques, son recuperados en líquido, a través de un proceso de refrigeración mecánica (en cascada), y refrigeración criogénica (con nitrógeno líquido). Este sistema de refrigeración, es la tecnología, Edwards Engineering.

La Terminal de San Juan Ixhuatepec, tiene una unidad recuperadora de vapores, en donde los vapores de hidrocarburos de los autotanques, son recuperados en líquido, a través de un proceso de absorción y desorción. Este proceso, es la tecnología, Shoseki Engineering.

La eficiencia de recuperación de vapores de gasolina, debe ser igual o mayor del 97%, de acuerdo a la Ley de Protección contra Inmisiones en Alemania, la cual es muy estricta a nivel mundial. Con los resultados que se mostraron a través de la



CONCLUSIONES



tesis, nos dimos cuenta que dicha eficiencia, sólo se podría alcanzar, hasta que se instale la tercera etapa de enfriamiento, que trabaja con nitrógeno líquido, en las URV ' s, que utilizan la tecnología, Edwards Engineering.

Cabe mencionar, que no existe en México, una norma que fije la eficiencia que tienen que alcanzar las URV ' s, instaladas en las 4 terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex, localizadas en la ZMVM.

Sin embargo, sí existe la NOM-093-ECOL-95, que establece el método de prueba, para determinar la eficiencia de laboratorio, de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina, en estaciones de servicio y de autoconsumo.

La realización del Análisis Costo-Beneficio (ACB), consistió en identificar y cuantificar los costos y beneficios, por la puesta en marcha de 3 medidas de control de emisiones, en cada una de las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex (Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec), para disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera, debido al manejo y distribución de combustibles en la ZMVM, considerando el período (2000-2020).

Se propusieron 3 medidas de control de emisiones, tales como: el mantenimiento de las unidades recuperadoras de vapores, el suministro de nitrógeno líquido, a las URV ' s, que cuentan con la tecnología Edwards Engineering, como es el caso de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto y, por último, el mantenimiento que se proporciona a los autotanques.

La implantación de las medidas de control, requerirán necesariamente el uso de recursos. Estos constituyen un conjunto de costos específicos, que son llamados generalmente, costos de las medidas ambientales, los cuales serán asumidos en su totalidad por Pemex y, se clasificaron dentro de este estudio, como costos privados cuantificables.

El costo total de las 2 medidas de control, para las que fue posible cuantificar los costos, fue de \$ 5,827,398, de los cuales \$ 1,754,000, se requieren para realizar el mantenimiento a las URV ' s, y los restantes \$ 4,073,398, se necesitan desembolsar, si se desea utilizar el nitrógeno líquido, en las URV ' s que operan con la tecnología, Edwards Engineering.

La puesta en marcha, de las medidas de control que se proponen, tienen por finalidad, alcanzar logros importantes en la reducción de emisiones a la atmósfera y, en la recuperación de hidrocarburos en las URV ' s, instaladas en las 4 terminales de Pemex..



CONCLUSIONES



Se concluye, que se dejan de emitir a la atmósfera, 490 toneladas al año de hidrocarburos, por realizar el mantenimiento a las URV ' s y, 641 ton/año, si se utiliza el nitrógeno líquido en las URV ' s.

Se recupera, 1,830,864 litros de gasolina al año, de los cuales 853,544 litros, se deben al mantenimiento que se realiza a las URV ' s y los restantes 977,320 litros, se obtienen por utilizar el nitrógeno líquido, en las URV ' s que hacen uso de la tecnología, Edwards Engineering.

Estos logros, constituyen un conjunto de beneficios específicos, el primer logro (reducción de emisiones a la atmósfera), se clasificó como beneficio público cuantificable y, el segundo (recuperación de gasolina), como beneficio privado cuantificable.

El beneficio total (beneficio público cuantificable + beneficio privado cuantificable), de las 2 medidas de control, para las que fue posible cuantificar los beneficios, es de \$ 20,155,835, de los cuales \$ 9,024,734, se obtienen por llevar a cabo el mantenimiento en las URV ' s y, los restantes \$ 11,131,101, se deben al impacto que genera el utilizar nitrógeno líquido, en las URV ' s de Añil, Azcapotzalco y Barranca del Muerto.

Los costos y beneficios de las medidas de control, se tradujeron en unidades monetarias, y su evaluación se realizó, utilizando la técnica del ACB . Sin embargo, en proyectos ambientales, existen ciertos beneficios que solo se mencionan, ya que son intangibles (mejor visibilidad atmosférica, mejoramiento de vida de la población, etc.).

El ACB, se basa en un principio muy simple, y que nos ayuda a tomar decisiones, (en donde es necesario tomar en cuenta el punto de vista de la sociedad, y no el criterio particular de una empresa con fines de lucro), de modo que los beneficios superen a los costos.

Teniendo presente que las distintas corrientes de beneficios y costos, deben ser actualizadas para hacerlas comparables, su relación será igual al cociente del valor actual de los beneficios/valor actual de los costos.

Una vez que hemos comparado los costos y beneficios, en que se incurre con las medidas implantadas, en vista a reducir emisiones, debido al manejo y distribución de gasolinas en la ZMVM, podemos saber que tan viable resulta la decisión de aplicar tales medidas, si la relación Beneficio-Costo (B/C), es igual o mayor que la unidad.



CONCLUSIONES



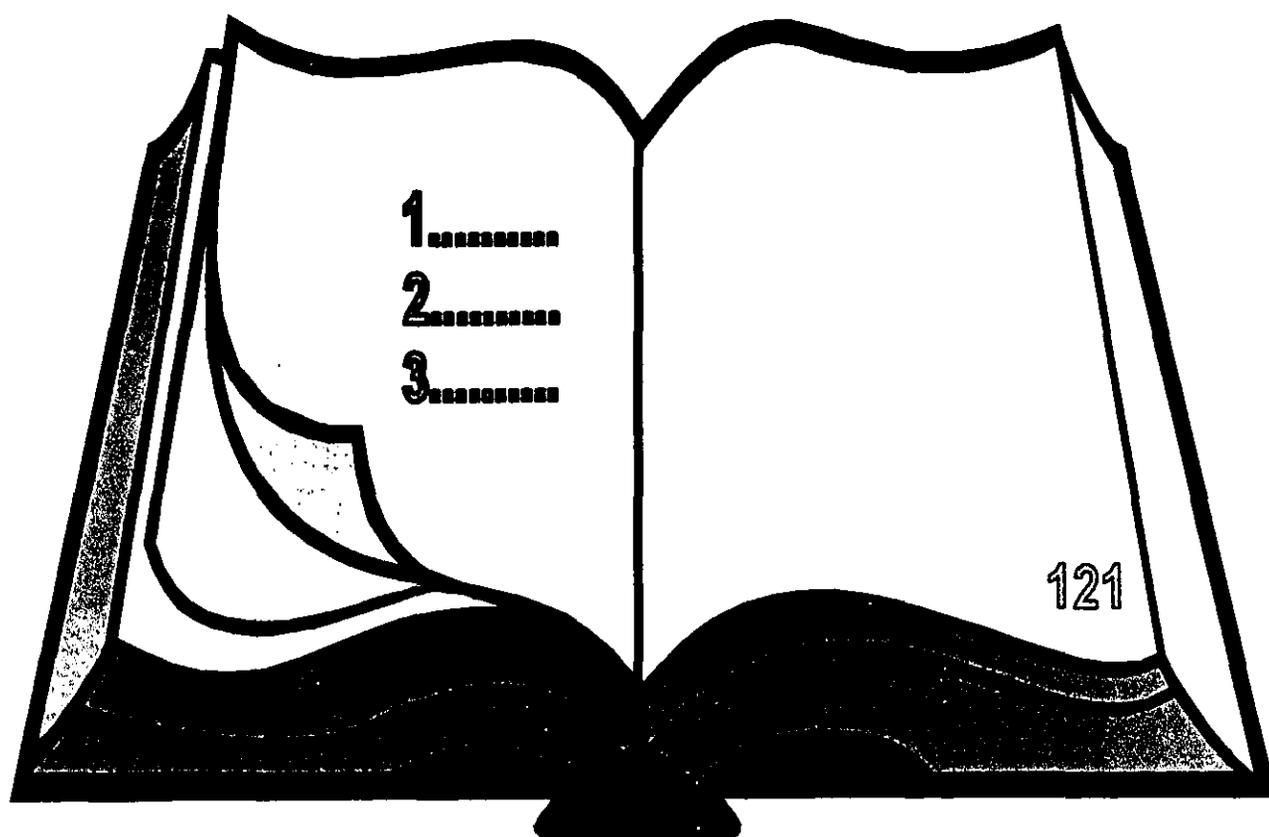
El análisis costo-beneficio, de las medidas de control de emisiones a la atmósfera, en los 4 Centros de Almacenamiento y Distribución de Pemex, nos mostró que por concepto de mantenimiento a URV ´ s, el centro que presenta una relación beneficio-costos más baja, es San Juan Ixhuatepec con 1.48, debido principalmente al tipo de tecnología empleada, en la recuperación de vapores de hidrocarburos, cuyo mantenimiento supera en costo, al de los otros 3 centros juntos.

Por otra parte, Barranca del Muerto, tiene la relación beneficio-costos más alta, dentro de esta medida, con 15.69, ya que sus beneficios son los más altos por la puesta en marcha de las 2 medidas.

En cuanto al empleo del nitrógeno líquido, como ya se explicó, en el apartado correspondiente, es necesario que los centros que pueden utilizarlo, realicen previamente el mantenimiento a sus URV ´ s. En esta medida, la relación beneficio-costos más alta con 3.85, sigue siendo Barranca del Muerto, por los beneficios más altos que se generan en este centro. Los 3 centros que utilizan la tecnología Edwards, muestran diferentes relaciones beneficio/costos, debido a que cuando se realizaron las mediciones cada una de ellas mostraba una eficiencia distinta.

Puesto que ningún Centro de Almacenamiento y Distribución, presenta una relación beneficio-costos por debajo de la unidad, las 2 medidas analizadas, generan beneficios tan altos, que son rentables desde el punto de vista económico. Cabe aclarar, que los beneficios encontrados en este trabajo, representan una cota inferior de los beneficios totales, ya que como en cualquier análisis de este tipo, existen algunos beneficios que no pueden ser estimados monetariamente.

RECOMENDACIONES





RECOMENDACIONES

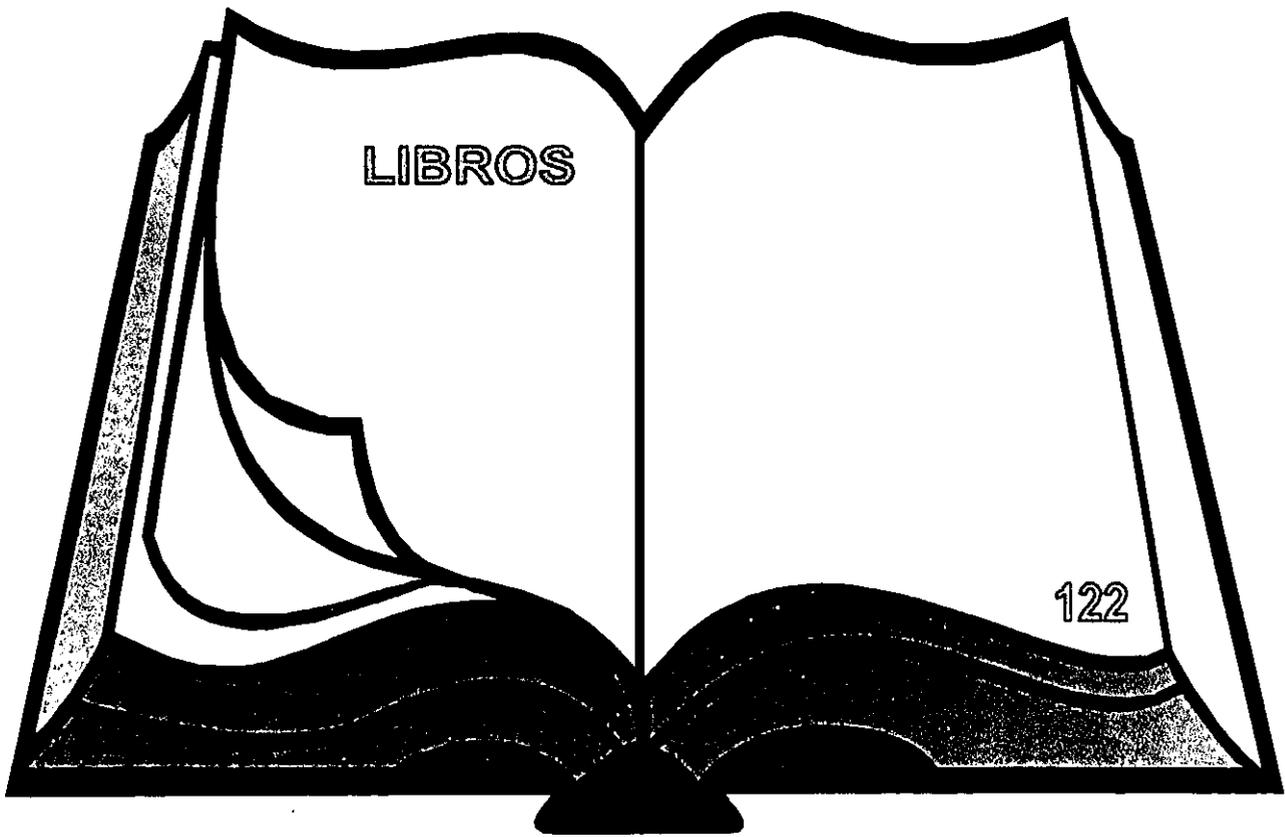


- 1) El consumo masivo de hidrocarburos, está produciendo ya alteraciones a la atmósfera a nivel mundial. Tanto por razones económicas (próxima escasez de hidrocarburos), como ecológicas (alteraciones de la atmósfera), se recomienda el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas contra el ambiente.
- 2) Se recomienda llenar el tanque de gasolina por la noche, para evitar su evaporación.
- 3) Para mejorar la calidad del aire, se recomienda el uso de combustibles alternos, como el gas natural comprimido y el gas licuado del petróleo, ya que estos dos tipos de gas contaminan menos que la gasolina.
- 4) Tanto los miembros de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, como Pemex Refinación, tienen que evaluar más eficazmente los programas que establecen, ya que cuando se llevo a cabo, el que corresponde al sistema de recuperación de vapores (sobre todo en las estaciones de servicio), este se postergo por la falta de previsión de las autoridades, en el momento de crearlo. Así por ejemplo, las autoridades no disponían del personal capacitado para instalar el equipo y, solo habia dos proveedores, por lo cual, el costo de la inversión era alto.
- 5) Se recomienda, realizar las medidas de control mencionadas en este estudio y, revisar los demás procesos, que se realizan en las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución de Pemex (Añil, Azcapotzalco, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec), localizadas en la Zona Metropolitana del Valle de México.
- 6) Se recomienda, un programa permanente de monitoreo de emisiones evaporativas de hidrocarburos, realizado en las unidades de recuperación de vapores (URV ' s), instaladas en las 4 terminales de almacenamiento y distribución; concensado entre Pemex y las autoridades ambientales del Distrito Federal.
- 7) Se producen violaciones de la legislación ambiental, como consecuencia de la debilidad de las autoridades ambientales y, esto provoca que la legislación y las autoridades ambientales, vayan perdiendo legitimidad frente a la opinión pública y del gobierno. Por ello se recomienda, desarrollar instrumentos económicos (incentivos al cumplimiento), para alentar a los agentes económicos a cumplir con las normas y regulaciones ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

122





BIBLIOGRAFÍA



LIBROS:

- 📖 Cohen, Ernesto y Franco, Rolando. "Evaluación de proyectos sociales". Siglo XXI. Editores, México. Pág. 185.
- 📖 C. Field, Barry. "Economía ambiental". Editorial. Mc Graw Hill. México, 1995. Pág. 59.
- 📖 Facultad de Economía, UNIANDES. "Evaluación económica y social de proyectos de inversión". Universidad de los Andes, 1993.
- 📖 Gutiérrez Nuñez, Carlos. "Evaluación económica y social de proyectos". Fondo editorial. Facultad de contaduría y administración. México, 1998.
- 📖 Koutsoyiannis, A. "Microeconomía moderna". Amorrortu editores. Buenos Aires, 1979. Pág. 122.
- 📖 Layard, Richard. "Análisis Costo-Beneficio". Serie lecturas. Ed. F.C.E. México, 1978.
- 📖 Leal, José. "La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo I". Grupo editor latinoamericano. Buenos Aires, Argentina, 1986. Pág. 167.
- 📖 Leal, Marina y Chávez, Valentina. "Temas ambientales. Zona Metropolitana de la Ciudad de México". Ed. Comisión Ambiental Metropolitana Banobras. México, 1996.
- 📖 Little, Ian y Mirrlees, James. "Estudio social del Costo-Beneficio en la industria de países en desarrollo". Centro de estudios monetarios latinoamericanos, CEMLA, 1973.
- 📖 Múgica Álvarez, Violeta y Figueroa Lara, Jesús. "Contaminación ambiental. Causas y control". Ed. Amalgama Arte. México, 1996.
- 📖 Omursal, Bekir y P. Gautam, Surhid. "Contaminación atmosférica por vehículos automotores". Documento Técnico del Banco Mundial N°. 3735, 1997.
- 📖 Pearce, W. D. "Cost Benefit Analysis". MacMillan, Londres, 1983. Pág. 1.
- 📖 Pearce, W. D. "Economía ambiental". Ed. F.C.E. México, 1985.



BIBLIOGRAFÍA



-
- 📖 Phylis, Deane y Kuper, Jessica. Vocabulario básico de economía. Ed. Crítica. S.A , 1992. Pág. 335.
 - 📖 Randall, Alan. "Economía de los recursos naturales y política ambiental". Ed. Limusa, México, 1985. Págs. 338-339.
 - 📖 Romero, Carlos. "Economía de los recursos ambientales y naturales". Alianza, editorial. Madrid, 1994. Pág. 30.
 - 📖 W. Baumol y W. Oates. "La teoría de la política económica del medio ambiente". Antoni Bosch Editor, Barcelona. Págs. 1-10.

TEXTOS OFICIALES:

- 📁 Estudio técnico-económico de rentabilidad de sistemas de recuperación de vapores, para terminales de almacenamiento y distribución de productos petrolíferos; Instituto Mexicano del Petróleo, Mayo, 1995.
- 📁 Evaluación del impacto ambiental, generado por las emisiones del ciclo de almacenamiento y distribución de gasolinas en el Valle de México; Instituto Mexicano del Petróleo, Enero del 2000.
- 📁 La contaminación atmosférica en el Valle de México: Acciones para su control; Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, México, 1994.
- 📁 Norma Oficial Mexicana NOM-092-ECOL-1995, Gaceta ecológica. INE-SEMARNAP. N° 38; Primavera de 1996.
- 📁 Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995, Gaceta ecológica. INE-SEMARNAP. N° 38; Primavera de 1996.
- 📁 Programa de reconversión de las estaciones de servicio (gasolineras) y de autoconsumo, para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina.
- 📁 Programa de trabajo; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Febrero del 2000.
- 📁 Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000; DDF, SEMARNAP, Secretaría de Salud; Marzo, 1996.



BIBLIOGRAFÍA



Propuesta de suministro de nitrógeno para condensación de compuestos orgánicos volátiles; Praxair México, S.A DE C.V; Diciembre, 1999.

REVISTAS:

Del Palacio Robles, Verónica. "Fuentes alternativas de energía, opción que también se agota". Revista Gaceta. Instituto Mexicano del Petróleo. N° 92, Mayo 8 del 2000.

Franquicia Pemex. Revista Octanaje. Varios números.

Londero, Elio. "Los fundamentos del Análisis Costo-Beneficio y su reflejo en las principales versiones operativas". Trimestre económico. N° 229. Enero-Marzo, 1991.

PERIÓDICOS:

"Crónica". Octubre 25 del 2000.

"El Economista". Octubre 20 de 1997.

"El Universal". Mayo 15 de 1998.

"La Jornada". Septiembre 30 de 1996.

"Reforma". Octubre 1 de 1996.

"Reforma". Enero 6 del 2000.

INTERNET:

 "El mercado de los combustibles automotrices en México", tomado de Internet en:

<http://www.Pemex.gob.mx/ref99.pdf>

 "Guerra entre el gas natural y LP": tomada de Internet en:

<http://www.m3w3.com.mx/SIEMPRE/2366/Articulo/Articulo9.html>



BIBLIOGRAFÍA



"Información de Pemex Diesel", tomada de Internet en :
<http://www.franquiciapemex.com/productos/cuatrolies.html>.



"Información sobre Edwards", tomada de Internet en:
<http://www.boc.com/edwards-gateway>.



"Normas Oficiales Mexicanas", tomadas de Internet en:
<http://aniq.org.mx/MASH/MedAmb/nomind.htm>.



"Tipo de cambio y tasa de interés", tomados de Internet en:
<http://www.inegi.gob.mx/>.

CONFERENCIAS:



Alegre, Mónica. Tercera feria conmemorativa al Día Mundial de Medio Ambiente, Junio del 2000.



Primera Conferencia Anual Del Programa De Investigación en Medio Ambiente y Seguridad (PIMAS). "Propuestas integrales y ambientales para el desarrollo sustentable de la industria petrolera en México". Instituto Mexicano del Petróleo, Septiembre del 2000.

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

ANEXO 4

ANEXO 5

126



ANEXO 1



La maximización del bienestar social neto, es formalmente equivalente a la obtención de la máxima ganancia neta en el bienestar, tal como se define en el principio de compensación de Kaldor-Hicks, ya que se supone que una acción o política afecta a algunos mejorándolos y, a otros perjudicándolos.

Existen 2 categorías globales de costos: Costos del Daño Ambiental y Costo de las Medidas Ambientales. Estas categorías son útiles para separar en 2 grandes líneas, los efectos económicos de las medidas en un proceso de evaluación.

1) Costos del Daño Ambiental.

Para el análisis del Daño Ambiental es útil separar los costos correspondientes en dos tipos: Costos Directos y Costos Indirectos.

a) Costos Directos del Daño Ambiental.

Estos costos, se refieren al daño creado por la presencia de agentes negativos, que actúan sobre alguna función ambiental: como pueden ser los contaminantes o desechos.

b) Costos Indirectos del Daño Ambiental.

Estos costos aparecen debido a que los agentes negativos, pueden causar otros perjuicios en el medio ambiente, que resultarían en costos adicionales para prevenir daños mayores: por ejemplo, la contaminación de los ríos los imposibilita para recreación.

2) Costos de las Medidas de Protección.

Una categorización general de estos costos puede ser la siguiente:

a) Costos ligados a la Reducción o Eliminación del Daño.

- i) Costos de Regulación y Control. Estos costos resultan de actividades que determinan qué capacidades del medio ambiente deberían ser usadas y, en qué cantidades se permitiría su uso (costo de regulación). Hay también costos que resultan del control de la aplicación de las medidas (costos de control).
- ii) Costos Financieros. Estos costos son básicamente, los costos de oportunidad de los usos alternativos de los recursos dedicados a las medidas.
- iii) Costos de Investigación e Información. Proviene de las actividades de investigación, docencia e información; orientadas a mejorar el conocimiento social acerca de la importancia, necesidad y efectos de las alteraciones del medio ambiente.



ANEXO 1



b) Costos orientados a aumentar las Capacidades del Medio Ambiente.

- i) Costos de Restauración. Estos corresponden, a los gastos motivados por la recuperación de la calidad de un medio ambiente deteriorado.
- ii) Costos de Creación de nuevas Capacidades Ambientales. Estos costos corresponden a la creación de nuevos bienes y servicios ambientales, necesarios para la ejecución de una política.
- iii) Costos de Preservación. Estos costos se originan para permitir la conservación de áreas específicas.

Ahora bien, los Costos de las Medidas Ambientales presentados hasta aquí, se generan concretamente en la esfera de las actividades productivas, involucradas en la forma de los ítems normales de costos, esto es:

- ❖ **Costos de Implementación.** Estos son costos asociados a la instalación de equipos o procesos, para el control y tratamiento de actividades que provocan alteraciones ambientales. Pueden ser considerados como los costos asociados a las actividades de inversión, en maquinaria y/o equipos, para la ejecución de la medida. Estos costos pueden ser de dos tipos:
 - Costos de Instalaciones Adicionales. Costos de equipos para el tratamiento directo de los residuos antes de la descarga, de manera de hacerlos menos dañinos para el medio ambiente.
 - Costos de Nuevos Procesos. Costos asociados con cambios en la productividad y/o en la calidad de un producto, debido al desarrollo del proceso que generan menos deterioro.
- ❖ **Costos de Capital.** Éstos se representan como el costo de oportunidad del capital empleado, para propósitos de control ambiental.
- ❖ **Costos de Operación y Mantenimiento.** Estos costos incluyen, gastos en mano de obra, materiales y energía, requeridos para apoyar la operación eficiente de un equipo de control ambiental.

Todos los ítems indicados arriba, se refieren a gastos que cada unidad productora de emisiones o utilizadora de recursos escasos, debe realizar para cumplir los requerimientos impuestos por las medidas de protección.



1) COSTOS DEL DAÑO AMBIENTAL.

- Costos del daño ambiental. {
 - a) Costos directos del daño ambiental.
 - b) Costos indirectos del daño ambiental.

2) COSTOS DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

- a) Costos ligados a la reducción o eliminación del daño. {
 - i) Costos de regulación y control.
 - ii) Costos financieros.
 - iii) Costos de investigación e información.
 - b) Costos orientados a aumentar las capacidades del medio ambiente. {
 - i) Costos de restauración.
 - ii) Costos de creación de nuevas capacidades ambientales.
 - iii) Costos de preservación.
- } Costos de Implementación. { Costos de instalaciones adicionales.
- } Costos de nuevos procesos.
- } Costos de capital.
- } Costos de operación y mantenimiento.



NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

La expedición de normas, es uno de los pilares de la política ecológica, y se constituye como un esfuerzo regulatorio para adecuar las condiciones de agentes económicos, a los objetivos sociales de calidad ambiental.

A raíz de la publicación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en 1992, se modernizó y perfeccionó el esquema normativo de México, en la medida en que el diseño y expedición de normas en materia ambiental, ha quedado sujeto necesariamente a la realización de estudios técnicos y de análisis de costo/beneficio. El procedimiento incluye la participación de diferentes interesados, y representantes de sectores de actividad económica, a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental. El Comité cuenta con 7 subcomités: aprovechamiento ecológico de los recursos naturales, materiales y residuos sólidos y peligrosos, aire, calidad de combustibles, agua, riesgo ambiental y, energía contaminante.

Cada subcomité cuenta con uno o varios grupos de trabajo.

La normatividad mexicana, ha tenido un desarrollo relativo bastante amplio, entre 1988 y 1995, al grado de que hoy se han expedido 81 NOM, para descargas residuales, manejo de residuos peligrosos y municipales, vehículos automotores y fuentes industriales, así como para recursos naturales.

Las NOM, son un instrumento muy poderoso, no sólo por su capacidad de controlar los procesos productivos, sino particularmente por su capacidad de incidir cambios de conducta, e internalizar costos ambientales, lo que las convierte en un mecanismo que promueve cambios tecnológicos y generan un mercado ambiental importante.

Debe señalarse que la abrumadora mayoría de las normas generadas hasta ahora, aplica a actividades industriales y, muy poco hemos hecho para ejercer una regulación efectiva y eficiente en procesos productivos agropecuarios, y de utilización de recursos naturales que, como todos sabemos, es donde se generan los impactos ambientales de mayor dimensión, por su alcance y su carácter frecuentemente irreversible.



NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-092-ECOL-1995, QUE REGULA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ESTABLECE LOS REQUISITOS, ESPECIFICACIONES Y PARÁMETROS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA EN ESTACIONES DE SERVICIO Y DE AUTOCONSUMO UBICADAS EN EL VALLE DE MÉXICO.

La presente norma se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 20 de septiembre de 1994, y establece lo siguiente:

Requisitos, especificaciones y parámetros.

1. La eficiencia en laboratorio¹ del sistema de recuperación de vapores de gasolina, debe ser superior al 90% de acuerdo al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995, comprobada por laboratorios de prueba acreditados ante el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba (SINALP).

2. Los sistemas de recuperación de vapores de gasolina, instalados en las estaciones de servicio deben cumplir con una tasa volumétrica vapor/líquido², igual o mayor a 100% y menor o igual a 190%, como promedio de la prueba realizada, de acuerdo al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995, expedida por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

2.1 La tasa volumétrica vapor/líquido (T), debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$T = (V_u / L) 100$$

Donde:

T = Tasa volumétrica vapor/líquido, expresada en por ciento.

¹ Es un parámetro, que indica el porcentaje de control de vapores de gasolina, debido a la acción de un sistema de recuperación de vapores, que de otra manera, serían emitidos libremente a la atmósfera.

² Es la relación, entre el volumen de vapores recuperados y el volumen de combustible cargado al tanque del automotor, multiplicado por 100, medida junto a la pistola de despacho durante el llenado del tanque del vehículo.



ANEXO 2



Vu = Volumen de vapores corregido a condiciones de presión atmosférica expresado, en metros cúbicos.

L= Volumen de combustible despachado, expresado en metros cúbicos.

3. Los sistemas de recuperación de vapores, que tengan una tasa volumétrica vapor/líquido superior al 110%, como promedio de la prueba realizada de acuerdo al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995, deberán contar con unidades de procesamiento, para eliminar los vapores excedentes, provenientes de los tanques de almacenamiento, en las estaciones de servicio o de autoconsumo.

4. Para las construcciones e instalaciones requeridas de tanques subterráneos de almacenamiento, tuberías, dispensarios y todos los accesorios que conforman la estación de servicio o de autoconsumo, se debe cumplir con las Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio, expedidas por el Organismo Público Descentralizado Petróleos Mexicanos (Pemex-Refinación).

5. La " eficiencia en sitio "³ del sistema de recuperación de vapores de gasolina, debe ser superior al 80% en promedio comprobada, incluyendo las emisiones asociadas con los tanques de almacenamiento y, en su caso a través de las unidades de procesamiento de vapores excedentes. Dicha eficiencia será evaluada con el procedimiento y el equipo, previsto en la Norma Oficial Mexicana que se expida para el efecto.

6. Las tuberías de vapores y venteo, así como sus uniones, se instalarán con una pendiente mínima del 1% hacia el tanque de almacenamiento. Los materiales de construcción que se utilicen al efecto, deberán cumplir con lo establecido en las Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio, emitidas por el Organismo Público Descentralizado Petróleos Mexicanos (Pemex-Refinación).

7. En la línea de ventilación para tanques de almacenamiento, debe instalarse una válvula de presión/vacío, cuando el sistema lo requiera. En el caso de tanques de almacenamiento superficiales, debe instalarse adicionalmente un arrestador de flama.

³ Es un parámetro, que indica el porcentaje de control de vapores de gasolina, debido a la acción de un sistema de recuperación de vapores. Se determina mediante la evaluación integral de las emisiones, generadas por la descarga de gasolina del tanque de almacenamiento, al tanque del vehículo, además de las emisiones generadas en los tanques de almacenamiento y, en su caso, a través de las unidades de procesamiento de vapores de gasolina excedentes.



ANEXO 2



8. La altura mínima de los venteos de los tanques de almacenamiento, debe ser de 4 metros sobre el nivel de piso terminado. Las descargas en los venteos de los tanques de almacenamiento, que se ubiquen en una distancia horizontal menor de 3 metros de cualquier muro que contenga vanos (tales como puertas y ventanas), se deben instalar a una altura de 3 metros contados a partir del punto más alto.

9. La unión de la tubería de venteo con el tanque de almacenamiento, y con la línea vertical de ventilación, debe ser de tipo móvil. Cada tanque de almacenamiento debe contar con una línea de ventilación.

10. La pistola de despacho, utilizada en las estaciones de servicio o de autoconsumo, que cuenten con sistema de recuperación de vapores de hidrocarburos, debe operar cumpliendo con la " eficiencia en sitio " de recuperación prevista en el punto 5 de esta Norma Oficial Mexicana.

11. Los autotanques para efectuar el transvasado de gasolinas a los tanques de almacenamiento, deberán contar con el sistema de recuperación de vapores Fase I.

El punto de llenado del tanque de almacenamiento, deberá contar con un contenedor de derrames de una capacidad mínima de 19 litros.

12. Los tanques de almacenamiento, deben estar equipados con un sistema de recuperación de vapores Fase I, y estar conectados herméticamente a los dispositivos de suministro de combustible y recuperación de vapores, durante la operación de transvasado desde el autotanque.

13. El transvasado de gasolinas a vehículos automotores, debe efectuarse de manera que los vapores de gasolina generados, sean recolectados por el sistema de recuperación de vapores de gasolina Fase II.

14. Antes de realizar la instalación del sistema de recuperación de vapores, se deberá verificar la hermeticidad de los tanques y tuberías mediante una prueba de hermeticidad no destructiva.

15. Previo al inicio de operación del sistema de recuperación de vapores, deben efectuarse las pruebas de hermeticidad⁴ y de obstrucción para verificar el libre paso de vapores.

⁴ Son los métodos utilizados para comprobar la inexistencia de fugas de hidrocarburos, en las estaciones de servicio y de autoconsumo.



ANEXO 2



16. Los sistemas de recuperación de vapores de gasolina aprobados conforme al método de prueba, establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995, que requieran instalar una unidad de procesamiento de vapores por incineración, para controlar los vapores excedentes provenientes del tanque de almacenamiento⁵, de acuerdo con lo establecido en el punto 3, deben instalarlo cumpliendo con lo siguiente:

- A) Instalarse sobre una base construida de material no inflamable a una altura mínima de 3 metros.
- B) La distancia horizontal entre la unidad de procesamiento de vapores por incineración y los venteos del tanque de almacenamiento, debe ser mayor a 6.5 metros.
- C) La distancia horizontal entre la unidad de procesamiento de vapores por incineración y cualquier punto de transferencia de combustibles, debe ser mayor a 6.5 metros.

17. Placa de verificación visible del sistema.

Con objeto de verificar las instalaciones que cuenten con los sistemas de recuperación de vapores, en Fases I y II instalados, éstas deberán contar con un letrero de 60 X 40 centímetros, construido de un material resistente en fondo color blanco con letras negras, ubicado sobre un muro visible desde el exterior del edificio de la estación de servicio, que contenga los siguientes datos relevantes:

- A) Número de registro de la Estación de Servicio asignado por Pemex.
- B) Fecha de instalación del Sistema de Recuperación de Vapores.
- C) Capacidad instalada.
 - C1 Número de mangueras para surtir gasolina.
 - C2 Número de tanques de gasolina.
 - C3 Capacidad total expresada en litros.
 - C4 Existencia de interconexiones de vapores entre tanques.

⁵ Es un componente de algunos sistemas de recuperación de vapores, que evita la emisión a la atmósfera de los vapores recuperados por el mismo, que exceden la capacidad de almacenamiento del tanque.



ANEXO 2



-
- D) Número de registro del sistema de recuperación de vapores instalado, marca y modelo.
- E) Número de registro de capacitación y aprobación del responsable de la instalación, puesta en marcha y mantenimiento del sistema de recuperación de vapores.

A efecto de que las estaciones de servicio cumplan con los términos de la presente Norma Oficial Mexicana, la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, en coordinación con el Organismo Público Descentralizado Petróleos Mexicanos, establecerá un Programa de Reconversión de las estaciones de servicio, en el que se señalará nombre y ubicación de las estaciones de servicio que se incorporarán al programa y la fecha en que lo harán.



ANEXO 3



NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-093-ECOL-1995, QUE ESTABLECE EL MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LABORATORIO DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA EN ESTACIONES DE SERVICIO Y DE AUTOCONSUMO.

La presente norma se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el 20 de septiembre de 1994.

La eficiencia en laboratorio (Ver página 130), se evalúa estando el sistema de recuperación de vapores instalado en un laboratorio de prueba, por el segundo método establecido en la presente Norma Oficial Mexicana:

1. Principio del método de medición. El método de medición de captura total de vapores, es un método de medición gravimétrico, con adsorción de los vapores de gasolina en carbón activado y su pesado posterior.

1.1 Componentes del equipo de medición¹ de captura total de vapores.

El apartado de medición de vapores de gasolina, debe constar del siguiente equipo básico y en las cantidades mencionadas:

EQUIPO	CANTIDAD
Medidor de flujo o rotámetro.	2
Válvula de encendido/apagado para regular la succión de aire en el sistema medidor de eficiencia. Incluye pedal para cierre y apertura inmediata.	1
Capturador de vapores de gasolina, para la medición de las emisiones básicas de 35 centímetros de diámetro.	1
Capturador de vapores de gasolina, para la medición de las emisiones básicas de 25 centímetros de diámetro.	1
Capturador de vapores de gasolina, para la medición de remanentes de 35 centímetros de diámetro.	1
Capturador de vapores de gasolina para la medición de las emisiones remanentes de 25 centímetros de diámetro.	1
Arrestador de flama.	2

¹ El equipo de medición, debe ser instalado en un punto adecuado en la estación de servicio o de autoconsumo.

Se requiere el uso de una balanza, para pesar los absorbedores que cuente con una presión mínima de 0.1 gramo.



ANEXO 3



CONTINUACIÓN

EQUIPO	CANTIDAD
Ventilador radial de alto rendimiento.	2
Adsorbedor de medición con carbón activado.	3
Adsorbedor de comparación con carbón activado.	1
Conexiones rápidas para el suministro de aire comprimido.	1
Tomacorrientes a prueba de explosión.	1
Balanza con una precisión mínima de 0.1 gramo.	1
Unidad de control del equipo de medición a prueba de explosión.	1
Manómetro/vacuómetro de -13 centímetros de columna de agua.	1
Barómetro.	1
Termómetro.	1
Cronómetro.	1

2. Procedimiento de medición.

2.1 Colocar el equipo de medición descrito en el punto 1.1, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque de gasolina de un vehículo automotor, haciendo uso de la pistola sin recuperación de vapores. Esta prueba es la primera determinación de emisiones básicas² (EB1).

2.2 Retirar el equipo de medición y vaciar el tanque hasta un 20% de su capacidad. Tapar el tanque, y esperar 30 minutos para lograr la saturación de vapores de gasolina, en el interior del tanque.

2.3 Colocar nuevamente el equipo de medición descrito en el punto 1.1, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola con recuperación de vapores de gasolina. Esta prueba es la primera determinación de emisiones remanentes³ (ER1).

2.4 Retirar nuevamente el equipo de medición y vaciar el tanque hasta un 20% de su capacidad.

² Las emisiones de vapores de gasolina a la atmósfera, durante el llenado del tanque de gasolina de un vehículo automotor, sin que la estación de servicio o de autoconsumo cuente con un sistema de recuperación de vapores.

³ Las emisiones de vapores de gasolina a la atmósfera, durante el llenado del tanque de gasolina de un vehículo automotor, con un sistema de recuperación de vapores, instalado en la estación de servicio o de autoconsumo



Tapar el tanque y esperar otros 30 minutos, para lograr la saturación de vapores de gasolina en el interior del tanque.

2.5 Colocar nuevamente el equipo de medición descrito en el punto 1.1, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola con recuperación de vapores de gasolina. Esta prueba es la segunda determinación de emisiones remanentes (ER2).

2.6 Retirar el equipo de medición una vez más y vaciar el tanque hasta un 20% de su capacidad. Volver a tapar el tanque, y esperar otros 30 minutos para lograr la saturación requerida.

2.7 Por último, colocar nuevamente el equipo de medición descrito en el punto 1.1, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola sin recuperación de vapores. Esta prueba es la segunda determinación de emisiones básicas (EB2).

3. Procedimiento para la carga de gasolina en los vehículos.

3.1 Introducir la pistola en el capturador de vapores⁴, asegurándose que ésta encaje perfectamente en la abertura del capturador de vapores.

3.2 Introducir la pistola de despacho en el tanque, apoyándola en la primera división de la misma. Se debe presionar el capturador de vapores contra el vehículo automotor, asegurándose que no salga aire por los lados. La carga de gasolina, debe efectuarse a la velocidad máxima de la pistola y se debe interrumpir al llegar al 80% de la capacidad del tanque, a fin de evitar derrames.

Al terminar la carga de la gasolina, quitar inmediatamente el capturador de vapores del vehículo automotor, y esperar 10 segundos para cerrar la válvula de apagado/encendido del equipo de medición.

3.3 Retirar del equipo los adsorbedores de medición⁵ y comparación⁶ e inmediatamente pesarlos. Tomar la lectura de la cantidad de gasolina cargada en el dispensario, y anotarla en el registro de control.

⁴ El dispositivo diseñado especialmente para efectuar la captura de vapores de gasolina, durante el despacho de gasolina al vehículo.

⁵ Dispositivo utilizado para absorber vapores de gasolina, emitidos durante el llenado del tanque de un vehículo automotor.

⁶ Dispositivo utilizado para absorber vapores de hidrocarburos presentes en el ambiente.



4. Cálculo de la tasa de recuperación de vapores de hidrocarburos.

El cálculo de la tasa de recuperación de vapores de hidrocarburos, se debe efectuar con los promedios de los resultados de medición, relativos a los litros de combustible cargados, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$ETA = \frac{EB - ER}{EB} \dots\dots 1$$

o bien:

$$ETA = \frac{mHC}{EB} \dots\dots 2$$

donde:

ETA = Tasa de recuperación de vapores de gasolina.

EB = Promedio de las emisiones básicas del grupo de vehículos automotores medidos, referido al volumen de combustible cargado, expresado en gramos de vapores de gasolina por litro de combustible.

ER = Promedio de las emisiones remanentes del grupo de vehículos automotores medidos, referido al volumen de combustible cargado, expresado en gramos de vapores de gasolina por litro de combustible.

mHC = Promedio de la masa de hidrocarburos recuperados en el tanque de almacenamiento, referido al volumen de combustible cargado, por el grupo de vehículos automotores, expresado en gramos de vapores de gasolina por litro de combustible.

5. Conexiones de medición.

5.1 Para la medición de la caída de presión y del flujo máximo o, en su caso, de la tasa volumétrica vapor/líquido, se deben preparar puertos de muestreo en el lugar adecuado del sistema de recuperación de vapores. Los puertos de muestreo, deben asegurar que se recolecten solamente los vapores recuperados que se desprenden en este punto individual de bombeo.

5.2 Los puertos de muestreo, se deben instalar sobre la línea de recuperación de vapores en una sección accesible dentro del dispensario.



ANEXO 3



Los volúmenes de vapores medidos, se deben corregir a condiciones de presión atmosférica, usando las siguientes ecuaciones:

$$P_1 V_1 = P_u V_u \quad \dots\dots 3$$

$$V_u = \left(\frac{P_1}{P_u} \right) V_1 \quad \dots\dots 4$$

$$P_1 = P_u + P \quad \dots\dots 5$$

donde:

P_1 = Presión absoluta medida en el puerto de muestreo, expresada en pascales.

V_1 = Volumen de vapores medido en el puerto de muestreo, expresado en metros cúbicos.

P_u = Presión atmosférica, expresada en pascales.

V_u = Volumen de vapores corregido a condiciones de presión atmosférica, expresado en metros cúbicos.

P = Presión relativa en el puerto de muestreo, expresada en pascales.

5.3. La tasa volumétrica vapor/líquido (T) debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$T = \left(\frac{V_u}{L} \right) 100 \quad \dots\dots 6$$

donde:

T = Tasa volumétrica vapor/líquido, expresada en por ciento.

V_u = Volumen de vapores, corregido a condiciones de presión atmosférica, expresado en metros cúbicos.

L = Volumen de combustible despachado, expresado en metros cúbicos.



ANEXO 3



6. Condiciones técnicas generales para el sistema de recuperación de vapores.

6.1 Flujo de combustible.

El flujo de combustible, debe ser reportado por el fabricante del sistema de recuperación de vapores, y debe encontrarse entre 20 a 45 litros/minuto. La prueba del sistema de recuperación de vapores, se lleva a cabo con el flujo reportado por el fabricante, pudiendo ser éste menor, sin quedar por debajo del mínimo establecido (20 litros/minuto).

Los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico en esta norma oficial mexicana, se basan en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente y además, coinciden básicamente con el método de prueba para sistemas de recuperación de vapores, para la República Federal de Alemania.



ANEXO 4



El flujo de beneficios menos costos a través del tiempo, se expresa en un solo valor monetario " actual ", para el cual se utiliza generalmente, el concepto del valor presente neto, que se determina según la fórmula:

$$VPN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B - C}{(1+r)^t}$$

Donde:

- B = Beneficios
- C = Costos
- r = Tasa de interés
- t = Índice de tiempo (año)

A continuación, presentamos el valor presente de costos y beneficios, de las 2 medidas de control, que se refieren al mantenimiento de las URV ' s y, la utilización de nitrógeno líquido.

VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Añil
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de mantenimiento a URV ' s	252,000
Valor presente neto	1,509,293
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Azcapotzalco
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de mantenimiento a URV ' s	250,000
Valor presente neto	1,497,315
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Barranca del Muerto
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de mantenimiento a URV ' s	252,000
Valor presente neto	1,509,293
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de mantenimiento a URV ' s
Shoseki engineering
San Juan Ixhuatepec
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de mantenimiento a URV ' s	1,000,000
Valor presente neto	5,989,259
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

* Se tomó como referencia, el promedio mensual de febrero del 2000, de los CETES a 28 días. Éstos, se consultaron en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.inegi.gob.mx/>



ANEXO 4



VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Añil
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de utilización de nitrógeno líquido	1,358,466
Valor presente neto	8,136,205
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Azcapotzalco
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de utilización de nitrógeno líquido	1,356,466
Valor presente neto	8,124,227
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE COSTOS
Costos de utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Barranca del Muerto
U.M.N.

CONCEPTO	COSTOS
Costo de utilización de nitrógeno líquido	1,358,466
Valor presente neto	8,136,205
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

* Se tomó como referencia, el promedio mensual de febrero del 2000, de los CETES a 28 días. Éstos, se consultaron en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.inegi.gob.mx/>



ANEXO 4



VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Añil
U.M.N.

VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Azcapotzalco
U.M.N.

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s	1,225,383
Valor presente neto	7,339,140
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s	2,366,951
Valor presente neto	14,176,286
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Barranca del Muerto
U.M.N.

VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s
Shoseki engineering
San Juan Ixhuatepec
U.M.N.

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s	3,953,069
Valor presente neto	23,675,957
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de mantenimiento a URV ' s	1,479,331
Valor presente neto	8,860,095
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

* Se tomó como referencia, el promedio mensual de febrero del 2000, de los CETES a 28 días.
Éstos, se consultaron en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.inegi.gob.mx/>



ANEXO 4



VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS

Beneficios de utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Añil
U.M.N.

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de utilización de nitrógeno líquido	2,387,331
Valor presente neto	14,298,344
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS

Beneficios de utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Azcapotzalco
U.M.N.

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de utilización de nitrógeno líquido	3,512,578
Valor presente neto	21,037,744
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

VALOR PRESENTE DE BENEFICIOS

Beneficios de utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Barranca del Muerto
U.M.N.

CONCEPTO	BENEFICIOS
Beneficios de utilización de nitrógeno líquido	5,231,192
Valor presente neto	31,330,965
Tasa de interés (15.81)*	0.1581
Período (años)	20

* Se tomó como referencia, el promedio mensual de febrero del 2000, de los CETES a 28 días.
Éstos, se consultaron en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.inegi.gob.mx/>



ANEXO 5



Puesto que las distintas corrientes de beneficios y costos, deben ser actualizadas para hacerlas comparables, su relación será igual al cociente del valor actual de los beneficios (VAB), sobre el valor actual de los costos (VAC).

$$RBC = \frac{VAB}{VAC}$$

Donde:

- RBC = Razón Beneficio-Costo
- VAB = Valor Actual de los Beneficios
- VAC = Valor Actual de los Costos

A continuación, presentamos la relación beneficio-costo, de las 2 medidas de control, que se refieren al mantenimiento de las URV 's y, la utilización de nitrógeno líquido.

RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Período (2000-2020)
Añil

CONCEPTO	
Beneficios públicos	618,345
Beneficios privados	607,038
Beneficios totales	1,225,383
Costos públicos	0
Costos privados	252,000
Costos totales	252,000
Relación B-C	4.86

RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Período (2000-2020)
Azcapotzalco

CONCEPTO	
Beneficios públicos	1,232,868
Beneficios privados	1,134,083
Beneficios totales	2,366,951
Costos públicos	0
Costos privados	250,000
Costos totales	250,000
Relación B-C	9.47

RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Mantenimiento a URV ' s
Edwards engineering
Período (2000-2020)
Barranca del Muerto

CONCEPTO	
Beneficios públicos	2,035,280
Beneficios privados	1,917,789
Beneficios totales	3,953,069
Costos públicos	0
Costos privados	252,000
Costos totales	252,000
Relación B-C	15.69

RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Mantenimiento a URV ' s
Shoseki engineering
Período (2000-2020)
San Juan Ixhuatepec

CONCEPTO	
Beneficios públicos	947,338
Beneficios privados	531,993
Beneficios totales	1,479,331
Costos públicos	0
Costos privados	1,000,000
Costos totales	1,000,000
Relación B-C	1.48



ANEXO 5



RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Período (2000-2020)
Añil

CONCEPTO	
Beneficios públicos	1,334,804
Beneficios privados	1,052,527
Beneficios totales	2,387,331
Costos públicos	0
Costos privados	1,358,466
Costos totales	1,358,466
Relación B-C	1.76

RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Período (2000-2020)
Azcapotzalco

CONCEPTO	
Beneficios públicos	2,020,052
Beneficios privados	1,492,526
Beneficios totales	3,512,578
Costos públicos	0
Costos privados	1,356,466
Costos totales	1,356,466
Relación B-C	2.59

RELACIÓN BENEFICIO-COSTO
Utilización de nitrógeno líquido
Edwards engineering
Período (2000-2020)
Barranca del Muerto

CONCEPTO	
Beneficios públicos	2,977,604
Beneficios privados	2,253,588
Beneficios totales	5,231,192
Costos públicos	0
Costos privados	1,358,466
Costos totales	1,358,466
Relación B-C	3.85