



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MECANISMOS  
DE DESARROLLO LIMPIO EN PROYECTOS DE  
EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS “PROYECTO  
TRES HERMANOS”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO PETROLERO**

P R E S E N T A:

**LÓPEZ GARCÍA EDGAR**

DIRECTOR DE TESIS: ING. IGNACIO CASTRO CHÁVEZ



*Ciudad Universitaria, México D. F., Octubre de 2009.*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



---

# *Agradecimientos*

## *A la Universidad Nacional Autónoma de México*

*Por ser mi "Alma Máter" y permitirme ser parte de ella.*

## *A la Facultad de Ingeniería*

*Por los conocimientos que recibí a través de sus profesores, en el camino de mi formación como ingeniero.*

## *A mi madre*

*La mujer perseverante que siempre ha demostrado una gran fortaleza ante los obstáculos de la vida. A ti mamá, que siempre has estado a mi lado, te agradezco tu amor, atención, confianza y apoyo incondicional que me brindas para seguir adelante, siempre adelante.*

## *A mi padre*

*El hombre que a pesar de la distancia me enseñó a respaldar mis decisiones y aceptar las consecuencias de mis actos. A él que escuchaba mis tropiezos, mis logros y mis sueños. Te agradezco papá la confianza, y el apoyo incondicional.*

## *A mis hermanos*

*Aldo, Austin y Cristina por su amor y porque siempre me inspiraron para ser mejor.*

## *A mis abuelos y a mis tíos Lina, Adelin, y Neftalí.*

*Por el gran amor que siempre me han tenido y por ser un gran apoyo en todo momento.*

## *A mis primos*

*Por el gran amor que siempre me han tenido al incluirme como parte de su familia.*

## *A mis amigos*

*A mis amigos, confidentes, cómplices, compañeros, deportistas, exhibicionistas, borrachos, infieles, amantes de la música, fanáticos, conocidos, personas especiales en mi vida y demás, gracias por que he tenido el placer de conocerlos por alguna u otra razón o casualidad y por compartir tantas experiencias en este sueño que llamamos vida.*



## Conclusiones:

1. Debido a las altas concentraciones de gases de efecto invernadero, acumuladas en los últimos años, se requiere adoptar de manera inmediata estrategias para mitigar sus emisiones de origen antropogénico
2. Los Mecanismos de Desarrollo Limpio además de incorporar una cultura ambiental, dentro del desarrollo de diversos proyectos, generan ingresos económicos; por lo que debemos aprovechar su implementación, ya que un futuro pueden convertirse en condición base y de carácter obligatorio, con grandes penalizaciones en caso de no integrarse, lo cual servirá para encaminarnos hacia un futuro sustentable.
3. El Mercado de los Bonos de Carbono además de incentivar la implementación de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, retribuye con ingresos exentos de impuestos, al negociar con los Certificados de Emisiones Reducidas, haciendo más atractivo el sistema del MDL, para los países, como es el caso de México, que de manera voluntaria buscan reducir sus emisiones de GEI para contribuir con la mitigación del Cambio Climático.
4. Además de la ratificación del Protocolo de Kioto, en México a nivel nacional existen diferentes programas como el GEI-México o el FOMECAR, los cuales encaminan a las empresas a incluir los impactos ambientales que tienen en sus procesos y a llevar a cabo acciones para disminuir sus emisiones de GEI, mediante el control de sus emisiones para reportar su contribución a la mitigación del Cambio Climático como lo marca la UNFCCC.
5. Petróleos Mexicanos es una de las principales empresas en la generación de GEI, por lo tanto es necesario observar e identificar su potencial dentro del esquema de los MDL, ya que cuenta con una de las mayores áreas de oportunidad dentro de este rubro en todo el país, pero debido a las limitaciones de infraestructura, fiscales y constitucionales, hacen que en algunos proyectos sea casi imposible implementar o si quiera considerar algún Mecanismo de Desarrollo Limpio.
6. Al implementar el MDL en el campo Tres Hermanos, se tendrá como resultado la proyección de una empresa socialmente responsable con el ambiente y su comunidad, adicional a la generación de valor a través del VPN.
7. Es necesario que PEMEX o cualquier otra empresa comiencen a migrar hacia un desarrollo sustentable incorporando impactos y gastos ambientales dentro de su



esquema de trabajo en el desarrollo de proyectos, además de contemplar que en el futuro, el desarrollo de cualquier proyecto deberá la reducción de impactos ambientales.

8. La implementación del MDL, no se ha podido llevar a cabo dentro del campo Tres Hermanos debido a los reajustes en la determinación de emisiones mediante la metodología AM0009. Las modificaciones planteadas contribuyen con un uso más eficiente del dióxido de carbono generado, al eliminar su venteo, utilizándolo como fracturante, fluido de inyección en procesos de recuperación mejorada, o bien cediéndolo como materia prima para otras industrias.
9. Adicionalmente se tiene la ventaja de aprovechar el Mercado de Metano (M2M), de la cual podrían obtenerse grandes ejemplos y experiencias para desarrollar sus proyectos con el menor impacto ambiental y con el mayor rendimiento económico posible para la industria de los hidrocarburos.
10. La Ley de PEMEX publicada en Noviembre de 2008, tiene como uno de sus objetivos principales la creación de “El Comité de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable” que tendrá entre sus funciones elaborar programas de sustitución progresiva de hidrocarburos por energías alternativas, indicando que el futuro de los hidrocarburos puede ya no ser viable o favorable dentro de los nuevos esquemas, teniendo como consecuencia que a pesar ser un país productor de hidrocarburos no podemos rezagarnos, ni mucho menos vernos apáticos ante estos cambios y comenzar a aplicar cuanto antes una migración inmediata, hacia un futuro sustentable, para que el impacto de los cambios provocados por nosotros a nuestro ambiente sean mas llevaderos y aunado a esto, satisfacer nuestras demandas de energéticos con el menor impacto posible a nuestro hogar La Tierra.



**Bibliografía:**

CICC, 2007. “*Estrategia Nacional de Cambio Climático*”. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT. México.

IPN, 2008. “*Compendio de archivos del Simposio Internacional “El derecho ambiental frente al Cambio Climático”*”. México. Julio, 1,2 y 3 de 2008.

IPCC (2007) “*IV informe del panel intergubernamental del Cambio Climático*”. 2007

INE (2008) “*Guía elemental de la Convención Marco de las Naciones Unidas y el Protocolo de Kioto*”. Instituto Nacional de Ecología, México.

INE, SEMARNAT (2008). “*México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*”. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México

Fernández Díez, P. “*Termodinámica Técnica*”. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, Santander, España.

PEMEX, 2007. “*Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas*”. Petróleos Mexicanos, México.

PEMEX, 2008. “*Anuario Estadístico*”. Petróleos Mexicanos, México.

PEMEX, 2008. “*Informe de Responsabilidad Social*”. Petróleos Mexicanos, México.

PEMEX, 2008. “*Ley de Petróleos Mexicanos*”. Petróleos Mexicanos, México.

PEMEX, 2009. “*Acciones para reducir emisiones a la atmósfera por la quema de gas en Instalaciones del Activo Integral Poza Rica - Altamira*” Petróleos Mexicanos, México.

PEMEX, 2009. “*Plan de Acción Climática*” Petróleos Mexicanos, México.

PMI, Standards Committee, 1996. “*A Guide to the Project Management Body of knowledge*”. Project Management Institute, USA. 1996.

SADS, 2008. “*Mercado de Bonos de Carbono*” Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.

SEMARNAT, 2004. “*Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

SEMARNAT, 2008. “*Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.



SENER, 2005. “Mercado de Bonos de Carbono y sus beneficios potenciales para proyectos en México”. Secretaría de Energía, México.

González Hernández, S. “*Apuntes de fisicoquímica y termodinámica de los hidrocarburos*”. Facultad de ingeniería, Departamento de Explotación del Petróleo, UNAM, México. 2009.

UNFCCC, 1997. “*Protocolo de Kioto*”. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Kioto, Japón.

UNFCCC, 2005. “*Approved baseline and monitoring methodology AM0009: “Recovery and Utilization of gas from oil wells that would otherwise be flared or vented” (version 02)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2006. “*Tres Hermanos Oil Field Gas Recovery and Utilization*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change, México.

UNFCCC, 2008. “*Annex 13: Methodological Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2008. “*Guidelines for Completing the CDM A/R Forms for: The Project Design Document (CDM-A/R-PDD) and the proposed New Baseline and monitoring Methodology (CDM-A/R-NM) (version 07)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2008. “*Guidelines for Completing The Project Design Document (CDM-PDD) and the Proposed New Baseline and Monitoring Methodology (version 07)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2008. “*Methodological tool “Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality” (version 02.2)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2008. “*Methodological tool “Tool to calculate baseline, project or leakage from electricity consumption”(version 01)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2008. “*Methodological tool “Tool to calculate project or leakage CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels combustion” (version 02)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.

UNFCCC, 2009. “*Approved baseline and monitoring methodology AM0009: “Recovery and Utilization of gas from oil wells that would otherwise be flared or vented” (version 04)*”. United Nations Framework Convention of Climatic Change.



**Referencias de Internet.**

- Banco de México (2009). Pagina web <http://www.banxico.org.mx>
- Cambio Climático (2009). Página web <http://www.cambio-climatico.com>
- Cámara de Diputados (2009). Página web <http://www.diputados.gob.mx>
- COMEGEI (2009). Página web [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/comegei](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/comegei)
- CONAGUA (2009). Página web <http://www.conagua.gob.mx>
- Chicago climate Exchange (2009). Página web <http://www.chicagoclimatex.com>
- Desarrollo Sustentable (2009). Página web <http://desarrollosustentable.pemex.com>
- EIA (2009). Página web <http://www.eia.doe.gov>
- EcoSecurities (2009). Página web <http://www.ecosecurities.com>
- EPA (2009). Página web <http://www.epa.gov>
- European Climate Exchange (2009). Página web <http://www.ecx.eu>
- FOMECAR (2009). Página web <http://www.fomecar.com.mx>
- Ferus (2009). Página web <http://www.ferus.ca>
- H. Congreso de la Unión (2009). Página web <http://www.congreso.gob.mx>
- IPN (2008). Página web <http://www.ipn.mx>
- INE (2009). Página web <http://www.ine.gob.mx>
- ifai (2009). Página web <http://www.ifai.org.mx>
- Informe Stern (2008). Página web <http://www.sternreview.org.uk>
- IPCC (2009). Página web <http://www.ipcc.ch>
- Linde (2009). Página web <http://www.linde.com>
- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (2009). Página web <http://cdm.unfccc.int>
- PEMEX (2009). Página web <http://www.pemex.com>
- PMC (2009). Página web [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/pmc](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/pmc)





Programa GEI (2009). Página web <http://www.geimexico.org>

Red Proteger (2009). Página web <http://www.redproteger.com.ar>

SENER (2005). Página web <http://www.sener.gob.mx>

SEMARNAT (2009). Página web <http://www.semarnat.gob.mx>

SHCP (2009). Página web <http://www.shcp.gob.mx>

UNFCCC (2009). Página web <http://unfccc.int>

UNAM (2009). Página web <http://www.unam.mx>

### **Ponencias.**

IPN. Simposio Internacional “El derecho ambiental frente al Cambio Climático”. Julio, 1,2 y 3 de 2008. México.

UNAM. “Mesa de análisis sobre cambio climático y biodiversidad”, Junio de 2009, C.U, México.

## **Temario**

### **Introducción**

Objetivo. ....	9
Introducción .....	9

### **Capítulo I**

I.I Cambio Climático. ....	13
I.II Fenómenos que generan el Calentamiento Global.....	15
I.III Efecto invernadero.....	16
I.III.I Efecto Invernadero Ampliado. ....	18
I.III.II Gases de Efecto Invernadero (GEI). ....	19
<i>Bióxido de Carbono.</i> .....	19
<i>Metano.</i> .....	20
<i>Oxido Nitroso.</i> .....	21
<i>Halocarbonos y compuestos relacionados</i> .....	22
<i>Hexafluoruro de azufre.</i> .....	22
I.III.III Potencial de calentamiento. ....	23
I.IV Emisiones de CO2. ....	24
I.IV.I Ciclo del Carbón. ....	24
I.IV.II CO2 en la Atmósfera.. ....	25
I.V Calentamiento Global. ....	27
I.VI Cambios en las Precipitaciones. ....	30
I.VI.I Precipitaciones en México. ....	31
I.VII Informe Stern. ....	33

### **Capítulo II**

II.I Antecedentes. ....	35
II.II Protocolo de Kioto.....	36
II.II.I Artículo 2 del Protocolo de Kioto. ....	36
II.II.II Mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto. ....	37
<i>Comercio de Emisiones (Art. 17)</i> .....	37

<i>Implementación Conjunta (Art. 6)</i> .....	38
<i>Mecanismo de Desarrollo Limpio (Art. 12)</i> .....	38
II.II.III La entrada en vigor del Protocolo .....	38
II.III Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) .....	39
II.III.I Características de un proyecto MDL .....	39
II.III.II Desarrollo de proyectos MDL .....	39
II.IV Fases de un MDL .....	40
II.IV.I 1. Diseño del proyecto .....	41
1. <i>Elaboración del Documento de Diseño del Proyecto por el participante en el proyecto</i> .....	41
2. <i>Validación del proyecto por la Entidad Operacional</i> .....	41
3. <i>Aceptación y registro del proyecto por la Autoridad Nacional Designada</i> .....	41
4. <i>Aceptación y registro del proyecto por el Consejo Ejecutivo</i> .....	41
II.IV.II 2. Ejecución del Proyecto .....	41
1. <i>Actores que intervienen en el proceso del MDL</i> .....	41
2. <i>Junta Ejecutiva (JE)</i> .....	42
3. <i>País anfitrión o no incluido en el Anexo I</i> .....	42
4. <i>País incluido en el Anexo I de la UNFCCC</i> .....	43
5. <i>Autoridad Nacional Designada (AND)</i> .....	43
6. <i>El promotor del proyecto</i> .....	43
7. <i>Entidad Operacional Designada (EOD)</i> .....	43
II.IV.III Calendario de implantación y Reducciones Certificadas .....	44
II.V Ciclo de la actividad de un proyecto .....	44
II.V.I Diseño .....	45
II.V.II Validación y Registro .....	48
II.V.III Implantación y vigilancia .....	49
II.V.IV Verificación y Certificación .....	50
II.V.V Expedición de las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER) .....	50
II.V.VI Proyectos de Pequeña Escala y su Clasificación .....	50
II.VI Mecanismos Financieros .....	51
II.VI.I Financiamiento de proyectos .....	51
II.VI.II Modelos de financiamiento .....	52
II.VI.III Instituciones Financieras y Fondos de interés para proyectos MDL .....	52
II.VII Mercado de los Bonos de Carbono .....	54

II.VII.I	Reducciones Certificadas de Emisiones (CER).....	54
II.VII.II	Montos Asignados Anualmente (AAU).....	54
II.VII.III	Unidades de Reducción de Emisiones (ERU). ....	54
II.VII.IV	Unidades de Remoción de Emisiones (RMU).....	54
II.VIII	Tipos de comercialización y transacciones. ....	55
II.VIII.I	Modelo de Comercialización Unilateral. ....	55
II.VIII.II	Modelo de Comercialización Bilateral. ....	56
II.VIII.III	Modelo de Comercialización Multilateral.....	56

### Capítulo 3

III.I	Introducción.....	59
III.II	Principales actividades emisoras de GEI.....	60
III.III	México en el ámbito Internacional.....	60
III.III.I	La contribución del sector mexicano a las emisiones de gases de efecto invernadero en México. .....	62
	<i>Distribución del Sector Energético por rubro.</i> .....	62
III.III.II	Escenarios para incentivar la reducción de emisiones de GEI entorno de los proyectos MDL en México. ....	63
III.III.III	Compromisos de México ante la UNFCCC.....	63
	<i>1. Comunicados Nacionales</i> .....	63
	<i>2. Inventarios Nacionales.</i> .....	64
III.IV	Los Mecanismos de Desarrollo Limpio y el Medio Ambiente.....	64
III.IV.I	¿Qué son los Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)?.....	64
III.IV.II	Aplicaciones de MDL. ....	65
III.IV.III	La filosofía de los Mecanismos de Desarrollo Limpio. ....	68
III.IV.IV	Oportunidades en el Mercado internacional del Carbono. ....	69
III.IV.V	Tipos de proyectos de MDL factibles de acuerdo al Protocolo de Kioto. ....	70
III.V.	El Mercado internacional de los Bonos de Carbono. ....	71
III.V.I	Tipo de Mercado.....	71
III.V.II	Sistema de comercio de GEI. ....	73
	<i>OTC</i> .....	73
	<i>ERPA</i> .....	73
III.V.III	Importancia Financiera de los bonos de carbono. ....	75
	<i>Riesgos en el Mercado de CER</i> .....	75

<i>Precio y riesgo de los CER</i> .....	75
III.VI COMEGEI .....	76
III.VI.I Programa GEI México.....	77
<i>Proyectos MDL México</i> .....	78

## **Capítulo IV**

IV.I Introducción.....	81
IV.II Medidas de mitigación en el sector industrial.....	82
IV.III Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. ..	82
IV.III.I Descripción del Programa. ....	83
IV.III.II Objetivos del Programa.....	84
IV.IV Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR).....	85
IV.IV.I Estrategias de FOMECAR. ....	86
IV.IV.II ¿Qué se busca en un proyecto MDL? .....	87
IV.IV.III Tipos de Proyecto MDL. ....	87
IV.IV.IV Financiamiento a proyectos MDL, de energía renovable y de eficiencia energética. ....	88
IV.IV.V Programas financieros. ....	88
IV.IV.VI Proyectos Autorizados por FOMECAR.....	89
IV.IV.VII Proyectos Potenciales.....	90
IV.V Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007)..	91
IV.V.I Implementación de la Convención en México. ....	91
IV.V.II <i>Capítulo 2 “Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y oportunidades de mitigación.”</i> .....	92
<i>Sección 2.1 Generación y uso de Energía</i> . ....	92
<i>Sección 2.1.1 Contribución del uso de la energía a las emisiones de gases de efecto invernadero</i> ...93	
<i>Sección 2.1.3 “Oportunidades de mitigación en generación y uso de energía.”</i> .....	94

## **Capítulo V**

V.I Introducción.....	99
V.II Convenios de colaboración con PEMEX .....	100
V.III Análisis Costo-Beneficio Poza Rica PIDIREGAS (Tres Hermanos) .....	100
V.III.I Antecedentes:.....	100
V.III.II Objetivo.....	101
V.III.III Alcance.....	101

V.III.IV Producción.....	102
V.III.V Infraestructura y pozos.....	102
V.IV Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	104
V.IV.I <i>Forma del Documento de Diseño de Proyecto (CDM-PDD)</i> .....	104
V.IV.II <i>Contenido</i> .....	104
V.IV.III <i>Anexos</i> .....	104
V.IV.IV <i>Sección A. Descripción general de las actividades del proyecto</i> .....	104
A.1 <i>Título de las actividades del proyecto</i> .....	104
A.2 <i>Descripción de las actividades del proyecto</i> .....	104
A.4.2 <i>Categoría(as) de las actividades del proyecto</i> .....	108
A.4.4 <i>Cantidad estimada de reducción de emisiones sobre el período de acreditación elegido</i> .....	111
V.IV.V <i>Sección B. aplicación de la metodología de monitoreo y línea base</i> .....	112
B.1 <i>Título y referencia de la metodología de monitoreo y línea base aplicada a las actividades del proyecto</i> .....	112
B.2 <i>Justificación de la metodología elegida y el porque es aplicable a las actividades del proyecto</i> .....	112
B.3 <i>Descripción de las fuentes y gases incluidos en los límites del proyecto</i> .....	113
B.4 <i>Identificación del escenario base</i> .....	114
B.5 <i>Descripción de cómo las emisiones antropogénicas de GEI y sus fuentes son reducidas y que podría ocurrir en ausencia del las actividades del proyecto MDL (demostración de adicionalidad)</i> .....	116
B.6 <i>Reducción de emisiones</i> .....	120
<i>Emisiones del Proyecto</i> .....	120
<i>Emisiones del escenario base</i> .....	123
<i>Reducción de emisiones</i> .....	124
V.IV.VI <i>D.1 Documentación del análisis de impactos ambientales, incluyendo impactos más allá de sus fronteras</i> .....	128
V.V Características y usos del CO <sub>2</sub> .....	129
V.V.I Descripción.....	129
V.V.II Aplicaciones del CO <sub>2</sub> .....	129
V.V.III Utilización de CO <sub>2</sub> como fractúrate de pozos.....	130
V.V.IV Aplicaciones.....	130
V.V.V ¿Como se produce el dióxido de carbono líquido?.....	131
V.VI Inventario 2008 de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	132

## Capítulo 6

VI.I Antecedentes.....	133
VI.II Cálculo y actualización de datos.....	133
VI.III Metodología AM0009 versión 04.....	134
VI.III.I 1. Fuentes, definiciones y aplicabilidad.....	134
Aplicabilidad.....	135
VI.III.II 2. Procedimiento de la metodología de la línea base.....	136
Limites del proyecto.....	136
Adicionalidad.....	138
Identificación del escenario línea base y demostración de adicionalidad.....	138
VI.III.III Cálculo de las emisiones.....	140
Factor de Emisiones.....	141
Factor de Emisiones por unidad de energía.....	143
VI.III.IV Emisiones línea base.....	144
Cálculo de MMPC a Toneladas.....	145
Cálculo de Toneladas.....	146
Calculo de las emisiones de escenario base (EB).....	147
VI.III.V Emisiones del proyecto.....	148
Emisiones del proyecto debido al consumo de combustibles fósiles.....	149
“Herramienta para calcular emisiones de proyectos y/o fugas de CO2 debido a la combustión de combustibles fósiles”.....	149
Estimación de las Emisiones del Proyecto (PE).....	151
VI.III.VI Reducción emisiones.....	152
VI.IV Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas.....	152
VI.IV.I Producción del Proyecto Tres Hermanos.....	153
VI.IV.II Programa de inversiones y gastos.....	153
Supuestos económicos.....	154
VI.IV.III Análisis y Evaluación Económica.....	154
Cálculo de ingresos.....	155
VI.IV.IV Escenario 1.....	155
Flujo de Efectivo.....	156
Valor Presente Neto (VPN) y Valor Presente de Inversión (VPI).....	156
VI.IV.V Escenario 2.....	157
Flujo de Efectivo.....	158

Valor Presente Neto (VPN) y Valor Presente de Inversión (VPI) .....	158
VI.IV.VI Escenario 3 .....	159
Flujo de Efectivo.....	160
Valor Presente Neto (VPN) y Valor Presente de Inversión (VPI) .....	162
VI.IV.VII Estimación de Empleos Indirectos .....	162
Empleos temporales: .....	162
Empleos Fijos: .....	163
VI.V Conclusión .....	164
VI.V.I Ingresos.....	164
VI.V.II Indicadores Financieros.....	167
VI.VI Metano a Mercados (M2M).....	168

## **Conclusiones**

Conclusiones .....	171
--------------------	-----

## **Bibliografía**

Bibliografía .....	173
--------------------	-----





### **Objetivo:**

Ampliar el análisis y evaluación al proyecto petrolero de explotación de crudo y gas “Tres Hermanos” con la utilización de mecanismos alternos ofrecidos por diferentes instancias nacionales e internacionales, para realizar un documento en el que se presenten las alternativas, las cuales fueron evaluadas y analizadas con el fin de proveer e incorporar nuevos escenarios que servirán como base, para el desarrollo del proyecto MDL en el campo Tres Hermanos, ofreciendo una visión que incluye no solo los clásicos beneficios económicos sobre la producción, sino beneficios de impacto social, y ambiental, que los que se presentan tradicionalmente en los proyectos de PEMEX, adicionalmente se busca hacer conciencia en los ingenieros que laboran en la industria petrolera para migrar de manera voluntaria, hacia un país con desarrollo sustentable, incorporando los impactos en el ambiente dentro de los proyectos que se realizan en Petróleos Mexicanos.

### **Introducción**

En la historia de la humanidad, el hombre puede discernir diferentes entornos en los que interactúa en sociedad o como individuo, pero definitivamente la Tierra es el principal escenario donde realizan todos y cada una de sus actos, es decir no podría proveerse de alimentos si no hubiera flora y fauna, o cubrir sus necesidades energéticas sin hidrocarburos o fuentes alternas como el aire, o construir grandes urbes sin que la naturaleza le provea de los elementos para realizarlo. Entonces si la Tierra nos provee de todos los requerimientos para hacer la vida más cómoda, ¿por qué no tenemos una cultura ambiental en la que se administren y protejan los recursos naturales, para así cambiar nuestros hábitos de uso descontrolados e indiscriminados, dando lugar a un futuro sustentable?, en el que las nuevas generaciones puedan disfrutar de los beneficios que existen en la naturaleza y aprovecharlos para seguir subsistiendo como especie y como sociedad, logrando con esto un equilibrio entre la humanidad y su hogar “La Tierra”.

Debido a las emisiones antropogénicas que han alterado el ambiente, se tiene como resultado las altas concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera y sus consecuencias directas en el Calentamiento Global y el Cambio Climático, en los últimos años es por eso que se han tomado diferentes medidas y generado acuerdos internacionales.

Uno de los principales acuerdos que se ha creado para comenzar con esta migración hacia un futuro sustentable, es el Protocolo de Kioto, en el cual las principales economías (países Anexo



l) se comprometen durante el período 2008-2012, a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con base a las que emitían en 1990.

Dicho Protocolo contempla tres mecanismos de flexibilidad para ayudar a reducir los costos y facilitar las obligaciones contraídas por los países industrializados respecto a la limitación de GEI las cuales son: el Comercio de Emisiones, la Implementación Conjunta y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), siendo los dos últimos mecanismos sustentados en la realización de proyectos.

En este caso México no está obligado por el Protocolo a reducir sus emisiones, ya que no pertenece a los países del Anexo I, pero si está en posibilidad de hacerlo por medio de uno de los tres mecanismos estipulados en el Protocolo, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), con el cual además de ayudar a reducir las emisiones de GEI se ve beneficiado por medio del “Mercado de Carbono” en el cual podrá vender sus Certificados de Reducción de Emisiones (CER) y percibir ingresos adicionales.

En México adicionalmente a la aplicación del Protocolo de Kioto, existen diferentes acuerdos y programas que junto con el gobierno Mexicano se han establecido para que las industrias incursionen y migren hacia un desarrollo sustentable, siendo el objetivo de estos “que las empresas comience a ponderar el impacto ambiental dentro de sus operaciones”, para lo cual existen diferentes programas, como por ejemplo: Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Es así como México, un país productor de hidrocarburos tiene como fuente principal de GEI, al sector energético, dentro de los que destacan PEMEX y CFE, siendo el primero el gran soporte económico de nuestro país, y dentro del cual se tienen mayores oportunidades para la implementación de los Mecanismo de Desarrollo Limpio, es por esto que se analiza y evalúa la posible mejora y/o cambio dentro del proyecto Tres Hermanos. El cual tiene programado la implementación de un MDL, para reducir las emisiones de GEI provenientes del gas que se quema en operación.

En este documento se analiza y se evalúa dicho campo ya que la metodología AM0009, con la que se registró la implementación del MDL, ha tenido diferentes cambios para la estimación de emisiones y en los límites del proyecto, además de que se han tenido cambios en el horizonte de producción del campo Tres Hermanos incluyendo la variación en la producción aceite y gas, así como su integración al proyecto Poza Rica, como lo marca el documento “Análisis Costo – Beneficio proyecto Poza Rica Pidiregas”.

Es por eso que este documento analiza y evalúa diferentes escenarios en los cuales utiliza los indicadores financieros y las emisiones de GEI, como principales parámetros para determinar el



escenario mas factible y sus consecuencias directas con el ambiente y la economía, todo esto en base a las metodologías aprobadas por el Protocolo de Kioto y organismos como la UNFCCC y el IPCC los cuales están interrelacionados, y dirigidos a contribuir con la reducción de emisiones de GEI.

En conclusión, el objetivo principal de este documento es determinar la opción que más contribuya a la mitigación de GEI y que adicionalmente genere mayores ingresos para PEMEX, y para sustento de la Nación, al integrar todos los rubros posibles dentro del análisis y evaluación de las alternativas, para hacer de este un proyecto integral con fines ambientales y encaminados a un Desarrollo Sustentable.



## Capítulo I

### I.I Cambio Climático.

El Cambio Climático se ha presentado en la Tierra de manera cíclica a través del tiempo, en ocasiones ha disminuido tanto la temperatura, que se han suscitado las eras de hielo o glaciaciones y de manera contraria se ha tenido un calentamiento severo, tal que las especies han desaparecido o evolucionado para adaptarse a estas nuevas características climáticas de la Tierra, dando lugar a nuevas biodiversidades y ecosistemas siendo determinante para eso, la duración y proporción de estos cambios.

Es de tal impacto el Cambio Climático en la Tierra que han desaparecido especies completas, además de modificar los comportamientos y hábitats de los sobrevivientes, dando lugar a la evolución y mutaciones para la supervivencia de las mismas.

En los últimos siglos se ha estabilizado éste fenómeno, ya que las variaciones han sido imperceptibles o mejor dicho de fácil adaptación, dando lugar al desarrollo de grandes civilizaciones y asentamientos humanos, además de hacer hincapié en la facilidad con que, los mismos, han creado las condiciones favorables para su adaptación, ya que si la temperatura disminuía, el requerimiento de energéticos se incrementaba para cubrir la necesidad de los seres humanos en mantener una temperatura adecuada en sus hogares, lugares de trabajo, centros comunes y en general en cualquier situación en donde se tuviera presencia humana.

Entonces el Cambio Climático no se debe de ver como un fenómeno ajeno al planeta, sino más bien como una forma de adaptación de la Tierra ante el paso del tiempo y los cambios que se dan de manera global en el universo, ya que no sería posible concebir la idea de que los eventos que se den en el universo, como por ejemplo: la expansión y contracción del mismo, la muerte de estrellas y los cambios en nuestros movimientos de rotación y translación de manera galáctica no afectan a la Tierra siendo ésta parte integral de un todo. Entonces si bien es cierto que el fenómeno del Cambio Climático no es para nada desconocido en la vida de nuestro planeta, también existen una serie de eventos que ayudan a incrementar y acelerar este fenómeno.

En la actualidad el Cambio Climático además de ser parte del ciclo de vida de la Tierra como se describió anteriormente, también es un problema en el que la humanidad tiene que actuar de manera inmediata para atenuar o tratar de desacelerar el mismo, ya que si bien se ha convertido en un tema de interés en los últimos años, también es una realidad que nos ofrece un panorama hacia el futuro no muy atractivo o alentador. Este problema se ha venido



incrementado de una forma acelerada en el último siglo, por diversos factores, siendo los generados por la actividad humana los que más influencia tienen.

El hombre en busca de satisfacer sus necesidades de adaptación, comodidad, riqueza, crecimiento, industrialización y para cubrir en pleno sus expectativas, ha contribuido en gran medida, de manera involuntaria o no, al Cambio Climático propiciado, es decir, hemos desarrollado una cultura en la cual se anteponen las necesidades del hombre a cualquier acción para proteger nuestro medio ambiente y más ante los intereses financieros de industrialización de las grandes compañías transnacionales.

El hecho es que, debido a la cultura mundial con respecto a cubrir principalmente las necesidades de producción y consumo indiscriminado de los países más desarrollados, nuestro medio ambiente ha pagado las consecuencias, teniendo primeramente un Cambio Climático acelerado que dará como resultado un cambio en los llamados “fenómenos naturales” básicamente en el patrón que éstos tienen en la superficie de la Tierra; por ejemplo, los huracanes serán más frecuente e intensos como se ha venido observando en los últimos años, el derretimiento de los glaciares será común por efecto de un calentamiento global y consecuentemente, el nivel de los mares tenderá a incrementarse, aunado a esto se presentará o se está presentado un aumento de enfermedades en grandes sectores de la población, y por si fuera poco, la vida útil de la Tierra para el uso agrícola se comienza a reducir en las zonas más cercanas al ecuador, dando así un problema de insuficiencia en el abasto de alimentos a nivel mundial principalmente en países subdesarrollados.

La humanidad desafortunadamente no es socialmente responsable, dado que a nivel mundial se tiene una falta de educación ambiental, además de razones políticas, económicas y culturales que han llevado a nuestra falta de convivencia y conciencia social que nunca ha sido masiva, sino más bien buscando los intereses personales o de un grupo reducido. Esto realmente representa un problema a gran escala, ya que se ha demostrado que es más fácil trabajar en equipo para un fin común y no en sectores independientes como generalmente se hace en cuestiones ambientales. Pero esto llevarlo a la práctica es más difícil de lo que parece, ya que no solo necesitamos estar de acuerdo y definir un objetivo claro a nivel mundial, si no hacer que un gran porcentaje de la población en el planeta se interese en prácticas para frenar y desacelerar el Cambio Climático.

La interacción que la humanidad tiene con la biodiversidad en cada una de sus áreas, es bastante amplia e imprescindible, ya que de ella obtenemos las principales materias primas para desarrollar diferentes insumos que la sociedad requiere para cubrir y satisfacer sus necesidades primarias. De manera más enfocada en cuestiones energéticas, la Tierra es la que nos abastece y satisface de estos requerimientos, ya sea a partir de fuentes como: combustibles



fósiles, energía hidráulica, o energías alternas entre otras. Entonces, si los que somos beneficiarios directos, no comenzamos a cambiar nuestros paradigmas y patrones de consumo de energía orientados hacia un futuro sustentable, en el cual aprovechemos de manera óptima esas fuentes, donde destaca la de los hidrocarburos, por ser la mayor abastecedora de energéticos a nivel mundial, sólo tendremos un planeta con un Cambio Climático acelerado y propiciado, a tal grado que nuestros ecosistemas se transformen abruptamente y que la mayoría de la vida animal desaparezca. Además, si se continúa con ese consumo desenfrenado de energéticos, en un corto a mediano plazo, el futuro de los hidrocarburos se verá extinto debido a la gran demanda de éste recurso no renovable, y a que la mayoría de las llamadas “energías alternas” no tienen un panorama de desarrollo muy amplio en el presente.

Entonces, el Cambio Climático se está presentando porque actualmente utilizamos procesos poco eficientes y sin conciencia ambiental para tener todos los insumos a los que estamos acostumbrados, aunado a esto, con nuestra manera pasiva de ver la contaminación que generamos, hemos producido una gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) y a partir de esto se ha generado un calentamiento global. Para reducir esta problemática se han creado algunas organizaciones y se ha dado pie a protocolos para mitigar dicho cambio, siendo este tema un problema real, no sólo de algunos si no de todo el planeta; donde la toma de acciones se debe dar en conjunto y no sólo de las principales economías, (aunque son éstas las que mayor influencia tienen no son las únicas afectadas), así que no importa en qué porcentaje contribuyamos a generar el Cambio Climático, las acciones deben ser de todos porque todos compartimos el mismo planeta y necesitamos insumos que cubran nuestras necesidades como sociedad y como individuo. Además, las futuras generaciones tienen el derecho de disfrutar una vida sin problemas de contaminación, escasez de alimentos y suministros energéticos; para esto, debemos comenzar por cambiar toda nuestra cultura ambiental, porque no podemos destruir el planeta que habitamos, ya que si éste, ya no es propicio para generar y mantener vida consecuentemente nuestra extinción estará asegurada.

## **I.II Fenómenos que generan el Calentamiento Global.**

Los fenómenos relacionados con el Cambio Climático son cuatro principales: el Efecto Invernadero, Emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, Calentamiento Global y Cambios en las Precipitaciones, los cuales dependen directamente unos de otros.

Para definir el concepto de Cambio Climático se deben de tomar en cuenta los factores antes mencionados, que aunque, pareciera que son fenómenos independientes, la interacción entre



ellos hace que el Cambio Climático se manifieste de forma abrupta o paulatina según como trabajen éstos.

En la siguiente figura (figura 1.1) se muestran los principales eventos y el porcentaje de los mismos en el periodo de 1900 a 1990, además de su contribución en el Cambio Climático, estos fenómenos se explicarán a detalle más adelante.

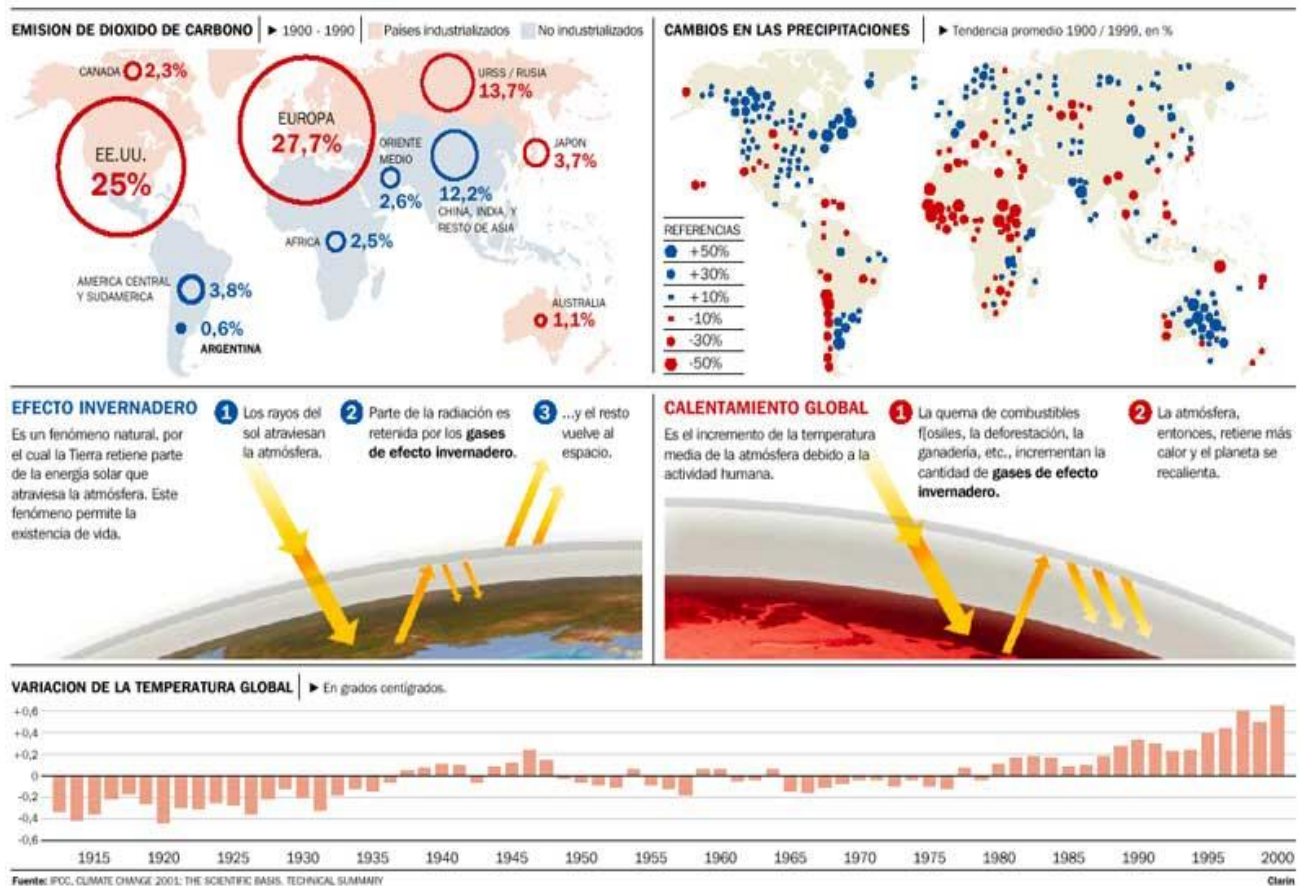


Figura 1.1. Fuente UNFCCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

### I.III Efecto invernadero.

El llamado “Efecto Invernadero” es un fenómeno que al igual que el Cambio Climático no es ajeno a nuestra naturaleza, y se ha presentado en la Tierra a lo largo de su historia, de hecho, este fenómeno en cierta medida es indispensable para tener las condiciones propicias para el desarrollo de vida en el planeta.

El efecto invernadero se presenta al existir una atmósfera (con un capa conocida como tropósfera siendo ésta la más baja) capaz de absorber radiación infrarroja por medio de gases tales como el Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), el Vapor de Agua, el Ozono (O<sub>3</sub>), el Óxido Nitroso



(N<sub>2</sub>O), el Metano (CH<sub>4</sub>) y los Clorofluorocarbonos (CFCs). Las concentraciones de estos gases en la atmósfera son tan pequeñas que se conocen como gases traza.

La atmósfera terrestre está constituida por:

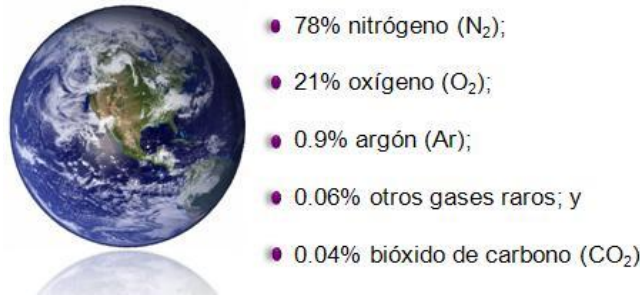


Figura 1.2. Composición de la atmósfera

La Tierra intercepta radiación visible, proveniente del Sol, que penetra hasta la superficie. La superficie se calienta y a su vez emite radiación de onda larga que es absorbida por los gases de invernadero de la atmósfera, produciendo el calentamiento de ésta (figura 1.3). Este proceso es el responsable de que la temperatura de la superficie de la Tierra sea aproximadamente de 14 °C más alta de lo que sería si no se produjera este fenómeno.<sup>1</sup>

### EL EFECTO INVERNADERO

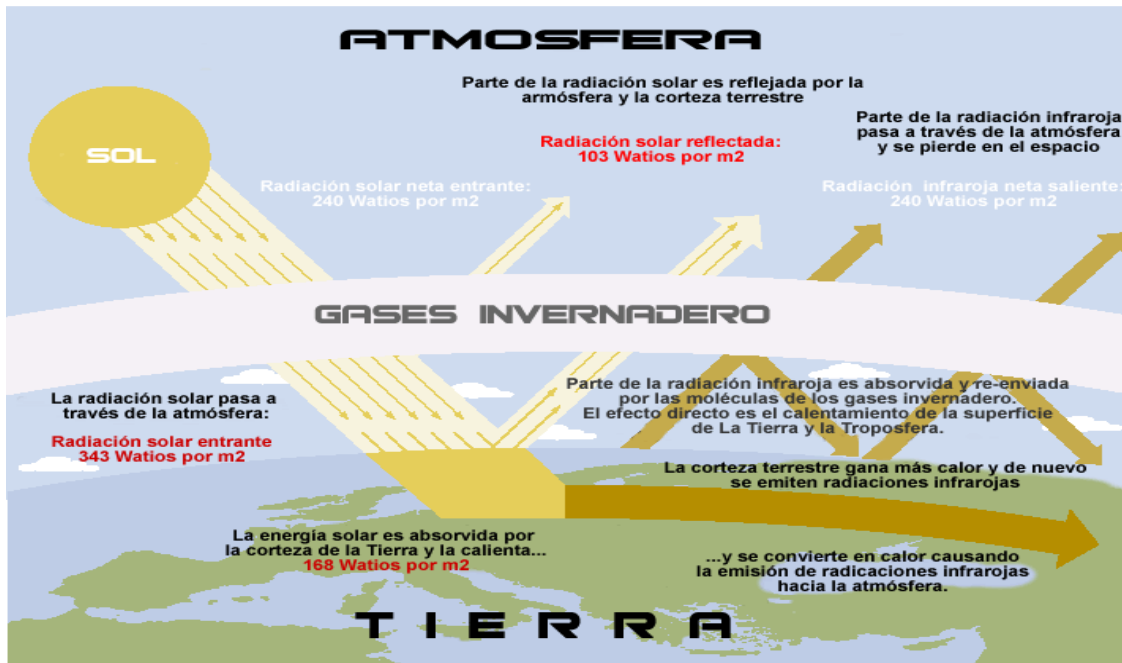


Figura 1.3. Efecto Invernadero.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ecología (INE).

<sup>2</sup> Simposio Internacional "El derecho ambiental frente al cambio climático", 2008.





### **I.III.I Efecto Invernadero Ampliado.**

Una vez definido que el efecto invernadero no es en realidad un problema, sino más bien una necesidad para el planeta y en general para la vida misma, entonces ¿Por qué los científicos y políticos tratan el tema de “el problema del efecto invernadero”?, este es un error de concepto muy común que no se ha aclarado y ha creado confusión o más bien distorsión del mismo, en la actualidad las personas creen que si se genera el efecto invernadero en la Tierra será un problema y básicamente si lo es, pero lo que no se ha aclarado o definido de una manera correcta es que, de lo que se habla es de un Efecto Invernadero Ampliado o Antropogénico, el cual ha sido generado por el hombre a través de la historia y básicamente en los últimos cincuenta años, generando con esto un incremento en la temperatura de la superficie de la Tierra llamado Calentamiento Global.

El Efecto Invernadero Antropogénico es un verdadero problema ya que se ha generado por la actividad humana en sus diferentes áreas como son: la industrialización, requerimientos de energía, desarrollo de ciudades o metrópolis, y en general por los grandes asentamientos humanos y todas las necesidades que estos requieren cubrir, y que para generarlas necesitan de la transformación de materia prima como los hidrocarburos como su principal fuente, prácticamente toda la generación de insumos necesita del proceso de combustión en alguna parte de su ciclo de fabricación, siendo éste el que más gases y contaminación genera. Los gases resultantes de estos procesos en su mayoría son arrojados a la atmósfera incrementando así la saturación porcentual de éstos, los cuales contaminan principalmente a la tropósfera que es la encargada de realizar el Efecto Invernadero, y es así como este fenómeno se ve ampliado fuertemente.

La propiedad de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) a diferencia de los otros componentes de la atmósfera es que “son bastante transparentes a la radiación solar que impacta la Tierra, ilumina y calienta su superficie, pero relativamente opacos para la radiación infrarroja que la superficie terrestre reemite al calentarse hacia el espacio exterior. Esto es, a mayor concentración de GEI en la atmósfera, mayor opacidad de ésta ante la radiación infrarroja reflejada y mayor temperatura promedio de la superficie terrestre.”<sup>3</sup>

Para evidenciar como la humanidad ha contribuido de manera notoria en el llamado Efecto Invernadero Ampliado se analiza a nivel histórico y se observa que durante cientos de miles de años (figura 1.4), las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera nunca excedieron las 280 partes por millón (ppm) equivalente al 0.03%, de los gases en la atmósfera, pero a partir de la Revolución Industrial, las actividades humanas han vertido cientos de miles de millones de

---

<sup>3</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos naturales (SEMARNAT).



toneladas métricas de CO<sub>2</sub> y otros gases de Efecto Invernadero, con lo que hemos incrementado su concentración a 390 ppm o 0.04%.

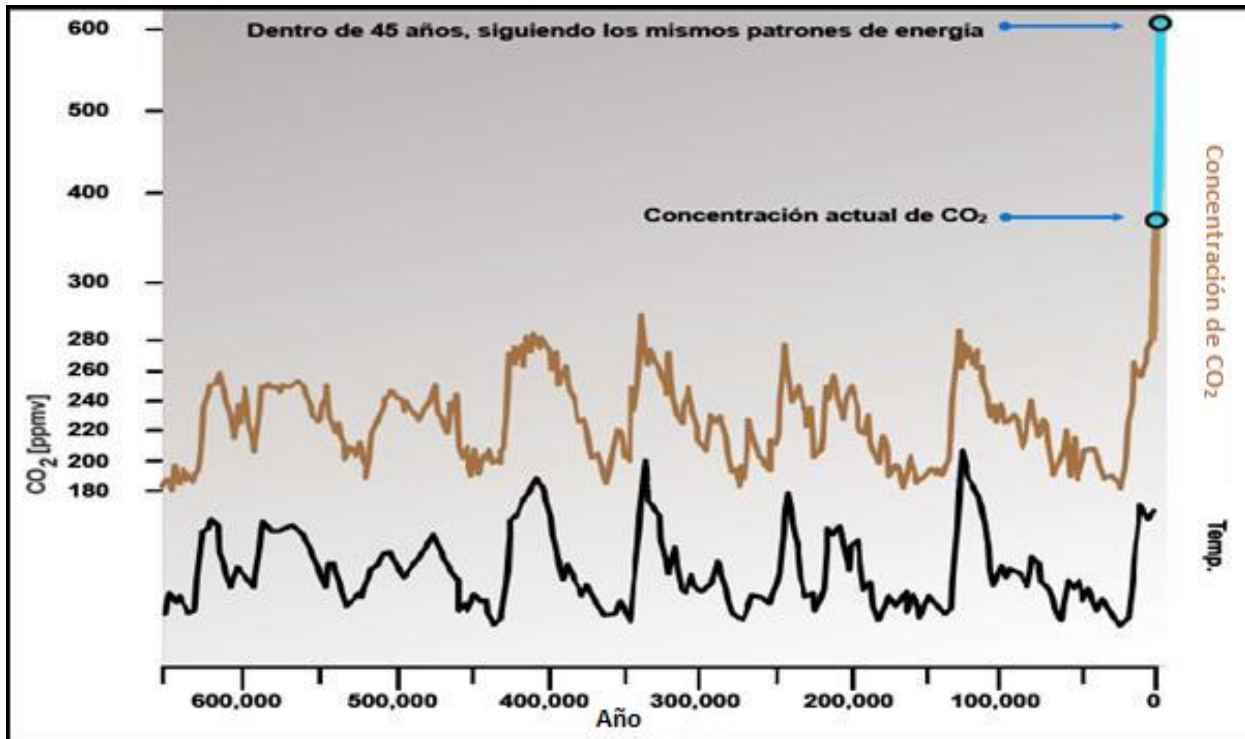


Figura 1.4. Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a través del tiempo.<sup>4</sup>

### I.III.II Gases de Efecto Invernadero (GEI).

A continuación se describen los principales gases de efecto invernadero (GEI) de origen natural y/o Antropogénico, debido a su importancia y repercusión en la atmósfera.

#### *Bióxido de Carbono.*

El más importante de los gases menores, involucrado en un complejo ciclo global. En la actualidad su concentración ha llegado a 369 ppm (figura 1.5), producto de la acción antropogénica. Ciclo de vida entre 50 y 200 años.

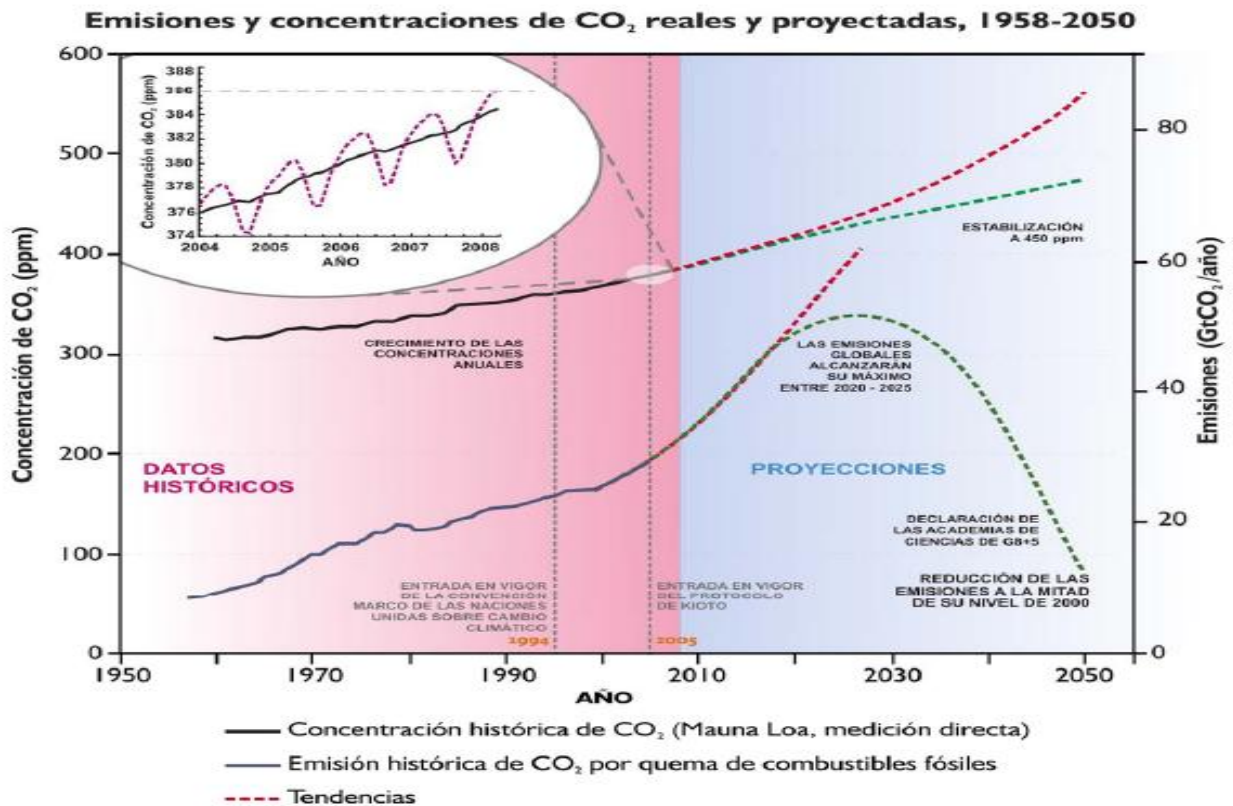
*Fuentes Naturales:* Respiración, descomposición de materia orgánica, incendios forestales naturales.

<sup>4</sup> Fuente: Simposio "El Derecho Ambiental frente al Cambio Climático" Julio, 2008.



*Fuentes Antropogénicas:* Quema de combustibles fósiles, cambios en uso de suelos (principalmente deforestación), quema de biomasa, manufactura de cemento.

*Sumideros:* Absorción por la aguas oceánicas, organismos marinos y terrestres, especialmente bosques y fitoplancton.



### Metano.

Otro gas de invernadero, CH<sub>4</sub>, el Metano es producido principalmente a través de procesos anaeróbicos tales como los cultivos de arroz o la digestión animal. Es destruido en la baja atmósfera por reacción con radicales hidroxilo libres (-OH). Como el CO<sub>2</sub>, sus concentraciones aumentan por acción antropogénica directa e indirecta. Tiene un tiempo de vida de 12 años.

*Fuentes naturales:* A través de la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas, así como en los sistemas digestivos de los animales.

<sup>5</sup> Fuente: Simposio “El derecho Ambiental frente al Cambio Climático” julio, 2008.



*Fuentes antropogénicas:* A través de cultivos de arroz, quema de biomasa, quema de combustibles fósiles, y basureros.

*Sumideros:* Reacción con radicales hidroxilo en la tropósfera y con el monóxido de carbono (CO) emitido por acción antropogénica.

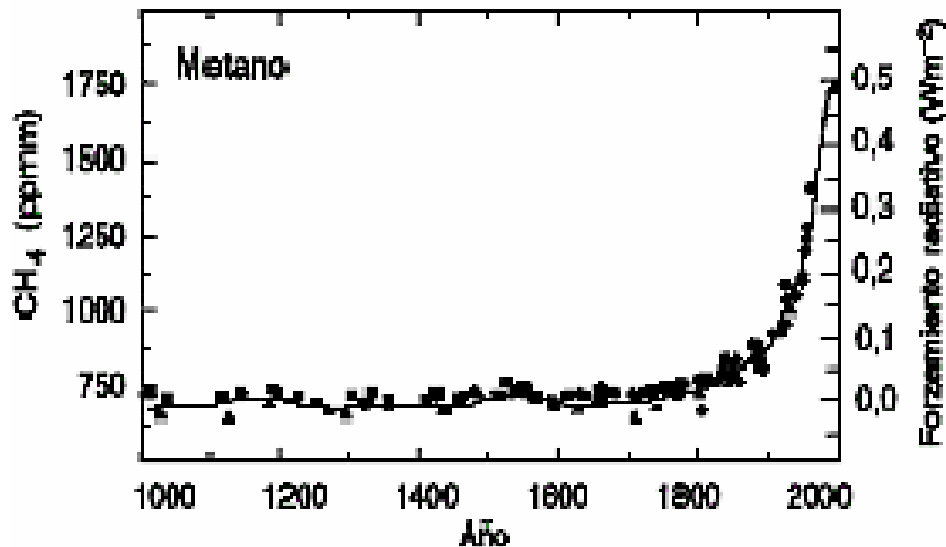


Figura 1.6. Concentración de CH<sub>4</sub> en la atmósfera.<sup>6</sup>

### *Oxido Nitroso.*

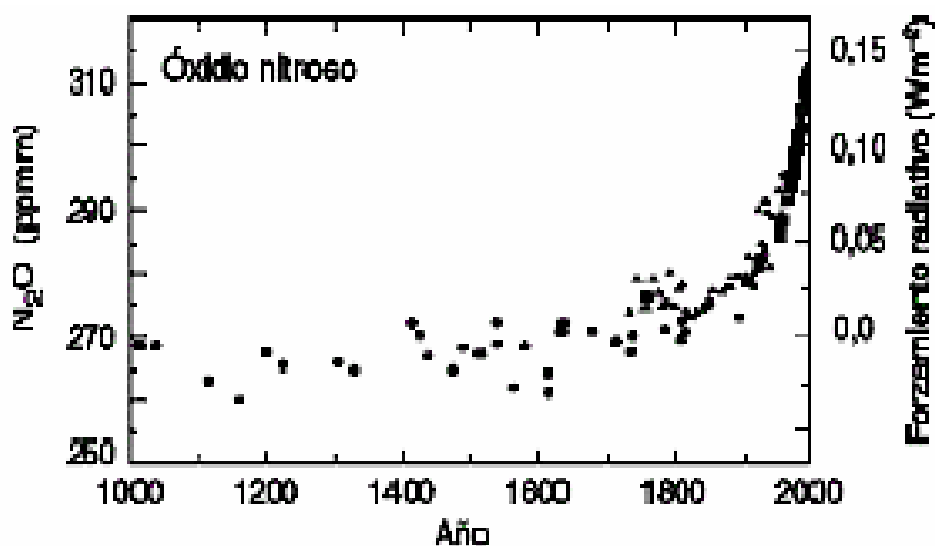
El Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) es producido por procesos biológicos en océanos y suelos, también por procesos antropogénicos que incluyen combustión industrial, gases de escape de vehículos de combustión interna, etc. Es destruido fotoquímicamente en la alta atmósfera. El tiempo de vida del N<sub>2</sub>O en la atmósfera es de 114 años.

*Fuentes naturales:* Producido naturalmente en océanos y bosques lluviosos.

*Fuentes Antropogénicas:* Producción de nylon y ácido nítrico, prácticas agrícolas, automóviles con convertidores catalíticos de tres vías, quema de biomasa y combustibles.

*Sumideros:* Reacciones fotolíticas, y consumo por los microorganismos del suelo.

<sup>6</sup> Fuente: IPCC

Figura 1.7. Concentración de N<sub>2</sub>O en la atmósfera.<sup>7</sup>

### *Halocarbonos y compuestos relacionados.*

Los halocarbonos son compuestos de carbono que contienen flúor, cloro, bromo o yodo, los cuales agotan el ozono de la estratósfera. Los hidrofluorocarbonos son utilizados para reemplazar las sustancias agotadoras de la capa de ozono y los perfluorocarbonos se utilizan como productos intermedios en la fundición de aluminio y de la fabricación de semiconductores. El tiempo de residencia en la atmósfera es extremadamente largo y absorben una gran cantidad de radiación infrarroja.

### *Hexafluoruro de azufre.*

Es un gas de efecto invernadero 22,200 veces más eficaz que el CO<sub>2</sub> por unidad de masa (para retener la radiación infrarroja). Es muy utilizado como aislante en interruptores y equipos eléctricos, es generado también por procesos de fabricación de algunos semiconductores y manufactura de magnesio. Las concentraciones en la atmósfera son muy bajas.

<sup>7</sup> Fuente: IPCC



### I.III.III Potencial de calentamiento.

El potencial de calentamiento atmosférico expresa la importancia relativa de los gases de invernadero con relación al CO<sub>2</sub> en un horizonte de tiempo determinado. Esto es así, pues los gases permanecen en la atmósfera tiempos diferentes, por lo que el potencial de calentamiento es función de cuán eficiente es el gas para absorber radiación infrarroja y cuanto tiempo permanece en la atmósfera. Por ejemplo, en un horizonte de tiempo de 20 años, el metano puede retener 62 veces más radiación infrarroja que el CO<sub>2</sub>.

En la tabla 1.1 se muestran los diferentes GEI, las principales fuentes que los generan y su potencial de calentamiento sobre la atmósfera.

**Tabla 1.1. Gases de Efecto Invernadero.<sup>8</sup>**

GEI	Composición molecular	GWP (CO <sub>2</sub> e)	Vida media (años)	Origen
<b>Bióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	1	50 – 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales.
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	23	12 +/- 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas.
<b>Óxido nitroso</b>	N <sub>2</sub> O	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos.
<b>Hidrofluoro-carbonos</b>	HFC – 123	12,000	1.5 – 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espuma, refrigerantes y aerosoles, producción y uso de halocarbonos.
	HFC – 125	3,400		
	HFC – 134a	1,300		
	HFC – 152a	120		
	HFC – 227ea	3,500		
	HFC – 236fa	9,400		
	HFC – 4310mee	1,500		
<b>Perfluoro-carbonos</b>	CF <sub>4</sub>	5,700	2,600 – 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos.
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	11,900		
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	8,600		
	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9,000		
<b>Hexafluoruro de azufre</b>	SF <sub>6</sub>	22,200	3,200	Aislante dieléctrico en transformadores e interruptores de redes de distribución eléctrica, refrigerante industrial, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción de y uso de halocarbonos.

El potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) permite una contabilidad en términos de equivalentes de CO<sub>2</sub>, o CO<sub>2</sub>e.

<sup>8</sup> Fuente: Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007. México



## I.IV Emisiones de CO<sub>2</sub>

### I.IV.I Ciclo del Carbón.

El ciclo del Carbón (figura 1.8) se ha visto afectado de gran manera, ya que la naturaleza es incapaz de equilibrar las emisiones de CO<sub>2</sub> con los llamados sumideros naturales o receptores, es decir generamos una mayor cantidad de dióxido de carbono del que la naturaleza misma puede procesar en fenómenos como la fotosíntesis. Aunado a esto se presentan pérdidas de vegetación debido a la deforestación y aunque el suelo es capaz de procesar bióxido de carbono, éste resulta ser más lento y no consume cantidades similares como los hicieran los árboles y plantas. Otro punto importante en el ciclo del carbono son los incendios generados por causas naturales las cuales hacen que se incremente la saturación de éste en la atmósfera terrestre dando como resultado una gran cantidad de excesos en las concentraciones de este gas. Definido entonces la gran importancia que tienen el ciclo de carbón dentro de la naturaleza y para que se generen condiciones de vida, se debe de tener conciencia de que si sobresaturamos la atmósfera con este gas estaremos rompiendo con un ciclo primordial para el planeta y para nosotros mismos, además estaremos aumentando las condiciones para que se dé un efecto invernadero ampliado ya que el dióxido de carbono es unos de los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI), los cuales son los responsables de que se genere el calentamiento global.

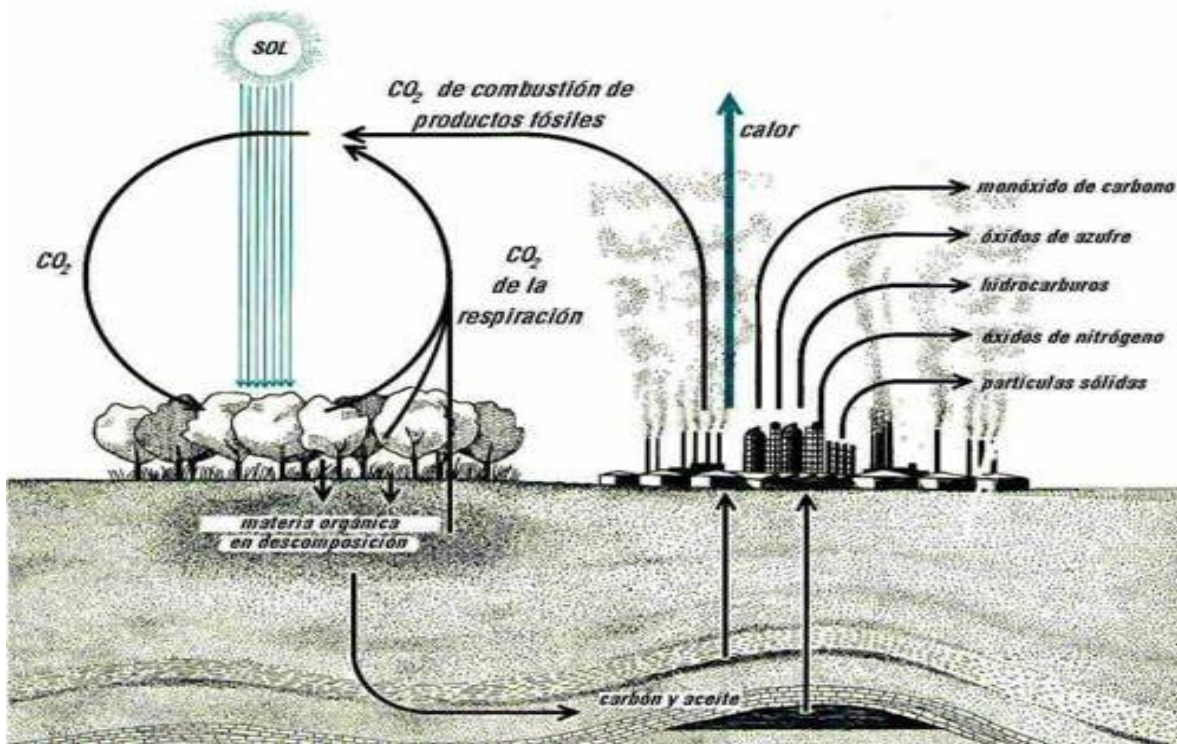


Figura 1.8. Ciclo del Carbón.





En conclusión, como responsables y habitantes de la Tierra debemos de tomar medidas necesarias para que este ciclo se mantenga dentro de su estado normal y si se presentará o presenta el caso de que éste se vea alterado, tenemos que buscar soluciones para ayudar a la naturaleza mitigar o por lo menos reducir los excesos de CO<sub>2</sub>, y también desarrollar tecnologías que nos ayuden a aprovechar ese tipo de gases del cual tenemos en excedente.

#### **I.IV.II CO<sub>2</sub> en la Atmósfera.**

A pesar de que el bióxido de carbono es el que menor potencial de calentamiento tiene entre los GEI, es indudablemente éste, el que, en mayor proporción se encuentra en la atmósfera, siendo parte fundamental de la historia del desarrollo humano debido a su recurrente generación por los procesos empleados para obtener los insumos, además de que existen eventos naturales que también lo produce pero en cantidades relativamente más pequeñas en comparación con la actividad humana. Es así, como durante los últimos 250 años la economía humana ha vertido más de 1.1 billones de toneladas de CO<sub>2</sub> por uso de combustibles fósiles para la generación y uso de energía, de las cuales 770 millones fueron vertidas durante los últimos 50 años. Y por deforestación se han vertido más de 330 millones de toneladas en el mismo período de tiempo, es decir un tercio de las emisiones acumuladas totales del período.

La gran preocupación por los impactos adversos previsibles del calentamiento global, sobre los sistemas humanos y naturales, se funda en que las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre determinan la temperatura promedio superficial del planeta y ésta sigue prácticamente en paralelo, a las concentraciones.

Se ha determinada que las concentraciones de CO<sub>2</sub> se incrementan año con año. se estima que este aumento se debe principalmente a las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles, que no se equilibran con los sumideros de CO<sub>2</sub>, tanto terrestres como marinos, los cuales son responsables de absorber alrededor de 55% de las emisiones de carbono derivadas de las actividades humanas. Es decir, se emiten del orden de 6,000 millones de toneladas de carbono por año (una tonelada de C (carbono) equivale a 3,666 toneladas de CO<sub>2</sub>), de las cuales alrededor de 3,000 millones permanecen y se acumulan en la atmósfera.

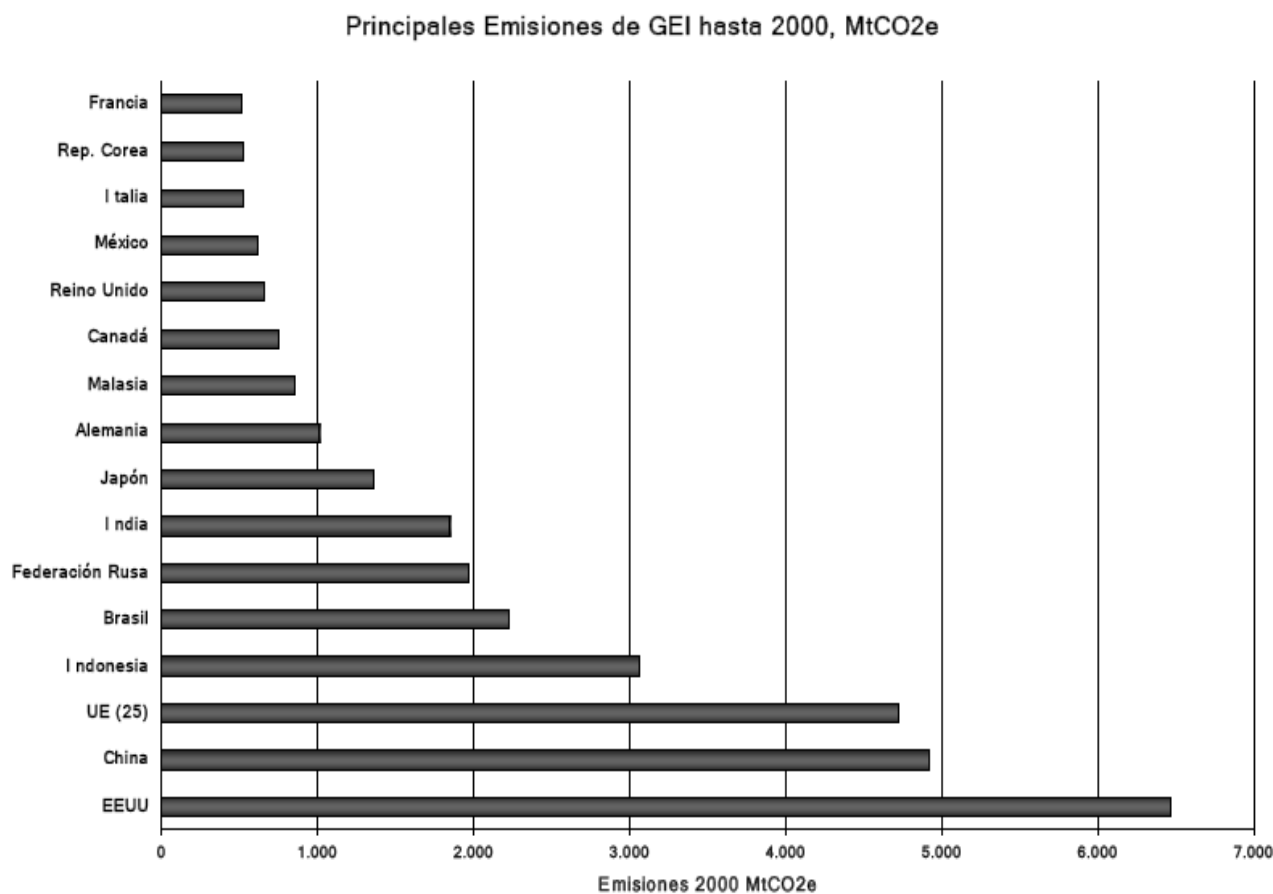
Por el volumen total de sus emisiones México contribuye con alrededor de 1.5% al problema global, en contraste con los grandes emisores históricos: Estados Unidos, Unión Europea y China, que vierten actualmente a la atmósfera más de 17 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (como se muestra en la tabla 1.2), alrededor del 35% de la emisiones globales por año. Son notables también los casos de Indonesia y Brasil que, sólo por deforestación, emiten anualmente casi 5 mil millones de toneladas, alrededor del 10% del total global: donde





Indonesia cuadruplica y Brasil duplica las emisiones totales de México de un año. En contraste, los Estados Unidos, la Unión Europea (25 países), China, India, Reino Unido, Italia, Francia y España, logran captura forestal por alrededor de 530 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Tabla 1.2. Principales países emisores de GEI.<sup>9</sup>

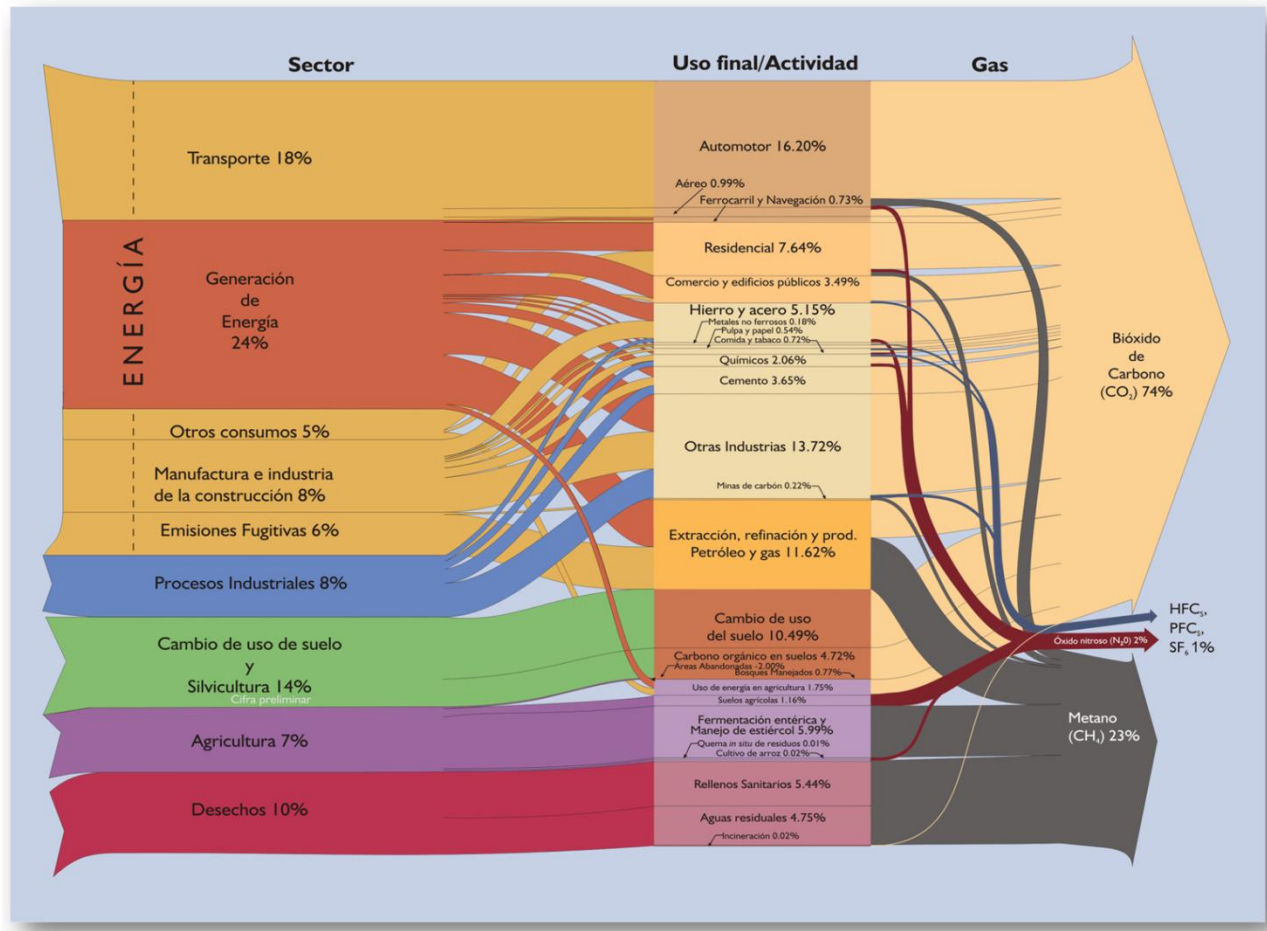


La tabla 1.3 muestra los diferentes sectores que contribuyen a la producción de GEI, las actividades que los generan y el porcentaje de cada uno de los GEI que México produce, es decir el porcentaje de cada uno de los gases de la producción total de 1.5% a nivel mundial.

<sup>9</sup> Fuente: Simposio “El derecho Ambiental frente al Cambio Climático” julio, 2008.



Tabla 1.3. Sectores en México generadores de GEI.



### I.V Calentamiento Global.

Las previsiones científicas más recientes indican que, en el caso del presente siglo XXI, la temperatura promedio global de la Tierra podrá incrementarse alrededor de 3 grados Celsius, con un consiguiente ascenso del nivel del mar de aproximadamente de 1 metro<sup>10</sup>. Ello impactará adversamente las zonas costeras, pues incrementará su vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, incrementará la humedad en la atmósfera al tiempo que reducirá la humedad en los suelos, propiciará la erosión de éstos y disminuirá la disponibilidad y la calidad del agua, con lo que se reducirá la productividad agrícola.

<sup>10</sup> Fuente: IV Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.



La siguiente gráfica muestra la variación de la temperatura en la superficie a través del tiempo en la historia de la Tierra y la influencia del hombre sobre la misma, además de la proyección en su comportamiento a futuro.

### Las sociedades humanas se desarrollaron en los últimos 10 mil años en una estrecha franja de temperaturas

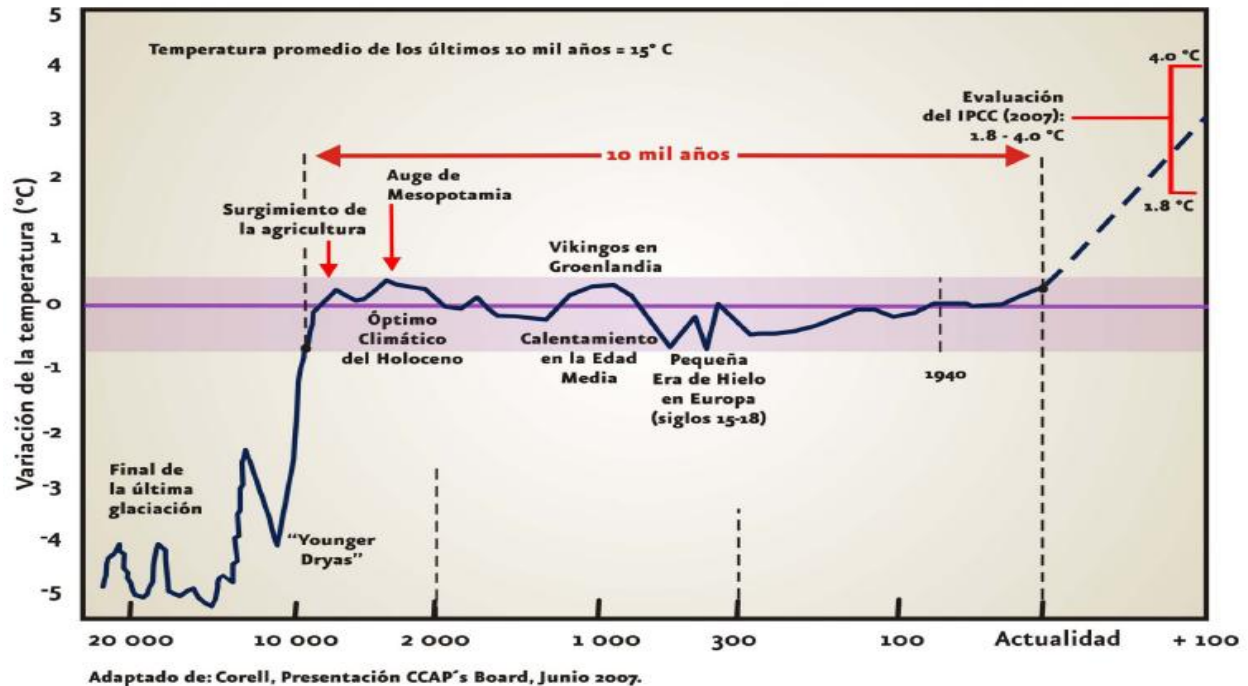


Figura 1.9. Variación de la Temperatura en la Tierra.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, ahora es evidente a partir de observaciones de los incrementos de las temperaturas promedio globales del aire y de los océanos, del extenso fundido de nieves y hielos, y del ascenso del nivel promedio del mar; Las concentraciones atmosféricas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) se han incrementado considerablemente como resultado de las actividades humanas desde 1750 y actualmente exceden con mucho los valores pre-industriales, determinados a partir de núcleos de hielo de hace miles de años.

Para esto, los últimos informes que se han generado arrojan no solo el comportamiento y la tendencia del incremento de la temperatura en la superficie de la Tierra sino además las consecuencias y repercusiones de ésta, dado la interrelación que se tiene en los procesos biogeoquímicos del planeta, ya que es imposible tratar solo un tema cuando la naturaleza misma nos acentúa la forma integral de cómo funciona nuestro entorno.



Para poder denotar la influencia que tiene un aumento de temperatura a nivel mundial se muestra el siguiente recuadro, en el cual se observa los principales sectores que serán afectados con un incremento de temperatura de uno a cinco grados Celsius, dentro de los que destacan la alimentación y el agua como necesidades primarias del hombre e indispensables para su supervivencia.

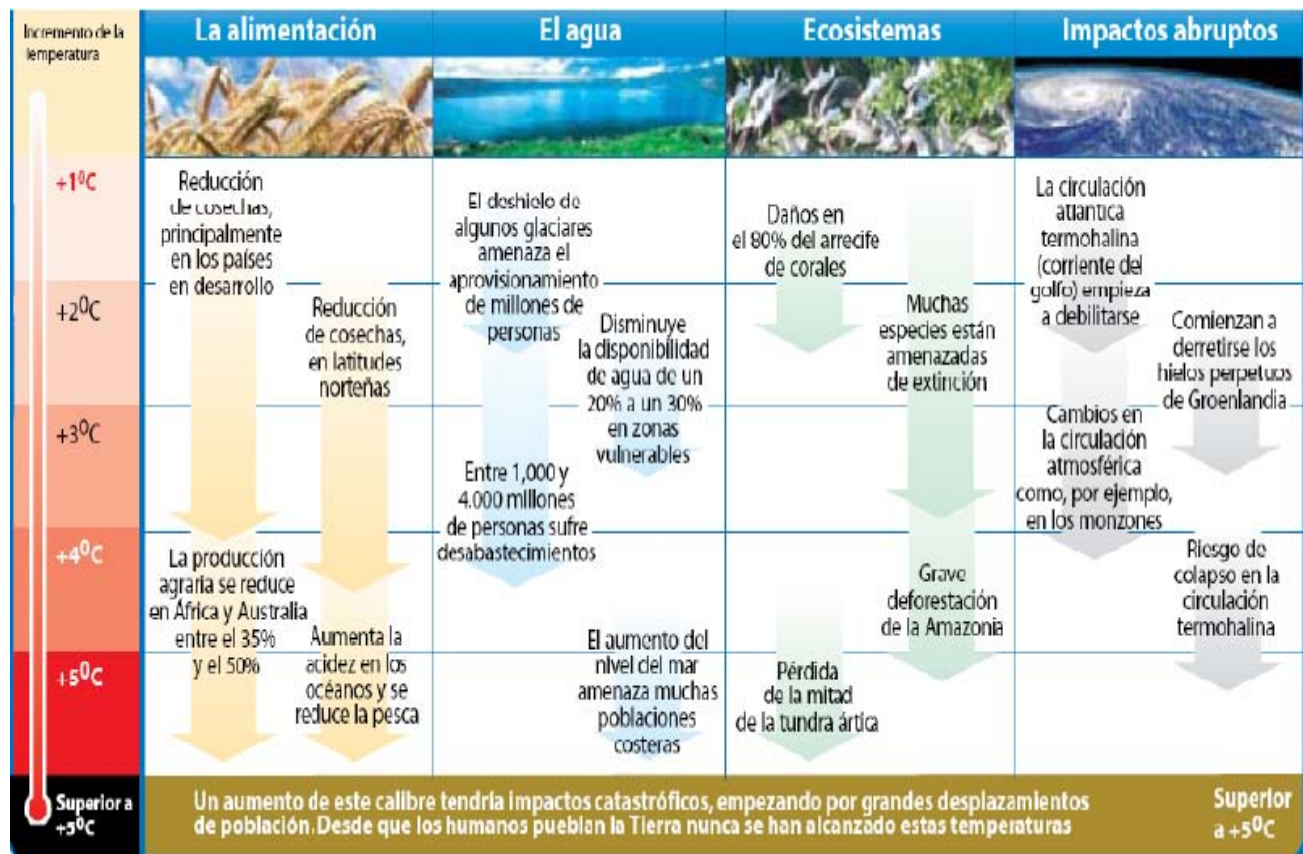


Figura 1.10. Efectos en el planeta debido al aumento de temperatura.

Debido a esto, los científicos relacionados y encargados con el tema del cambio climático han definido algunos puntos clave que se deben de tomar en cuenta sobre la influencia del calentamiento global debido a la actividad humana, las cuales se manifiestan en el IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático<sup>11</sup> (IPCC por sus siglas en inglés) y son las siguientes:

- Se ha proyectado que la temperatura superficial global promedio aumente de 1.4 a 5.8 grados Celsius de 1990 a 2100. Estas proyecciones son mayores a las descritas en el

<sup>11</sup> IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. IPCC.



Informe de IPCC de 1995 (1 a 3.5 C), principalmente por una reducción de las futuras emisiones de bióxido de azufre (las cuales ayudan a enfriar la Tierra). Este calentamiento futuro será además de los 0.6 grados centígrados de aumento desde 1861.

- Se prevé el incremento en la concentración de vapor de agua global promedio y de la precipitación. Se espera que las precipitaciones sean más intensas probablemente sobre muchas áreas del hemisferio norte en latitudes media y alta; sin embargo la intensidad y frecuencia observada de ciclones tropicales y extra tropicales y de severas tormentas locales, no muestran tendencias claras de largo plazo, aunque los datos a menudo son escasos e inadecuados.
- Las proyecciones indican que el nivel de los mares aumentaran de 0.09 a 0.88 metros en el período de 1990 al 2100. A pesar de la proyección de una mayor temperatura, estas proyecciones son menores que en el rango proyectado en el Segundo Informe de Evaluación (SAR por sus siglas en inglés) de 0.13 a 0.94 metros, básicamente por utilizar modelos mejorados, de mayor precisión, los cuales otorgan una menor contribución de los glaciares y láminas de hielo.

### **I.VI Cambios en las Precipitaciones.**

Las emisiones de gases de efecto invernadero de origen humano están ya cambiando los patrones de precipitaciones en el planeta. Un estudio demuestra que dichas actividades han contribuido de modo significativo a los cambios en los patrones globales de precipitación durante el siglo pasado, incluyendo incrementos de lluvia y de nevadas en las regiones del norte, condiciones más secas en las áreas tropicales al norte del ecuador, y un aumento de las precipitaciones tropicales en el Sur.

Durante el último siglo, los registros climáticos indican que ha habido cambios apreciables en los patrones de precipitación del globo terráqueo. Mirando las condiciones medias en grandes regiones, y comparándolas con los cambios previstos teniendo en cuenta la influencia humana sobre el clima, los científicos han determinado que el cambio climático inducido por el hombre ha causado la mayor parte del aumento observado de precipitación en la franja situada al norte de los 50 grados de latitud, una región que incluye a Canadá, Rusia, y parte de Europa, así como en el hemisferio Sur. Este cambio climático antropogénico también ha hecho contribuciones importantes a la tendencia observada de climas cada vez más secos en una franja ancha al norte del ecuador y que incluye a México, Centroamérica y el norte de África.



Estos cambios pueden haber tenido ya efectos significativos en los ecosistemas, la agricultura y la salud humana, sobre todo en regiones que son sensibles a los cambios en la precipitación como en el norte de África.

Los científicos no están estudiando unas lluvias torrenciales concretas en una región determinada, sino la tendencia de los patrones de lluvias a lo largo del siglo XX. En concreto, han analizado series de datos de precipitaciones mensuales de dos períodos (1925 – 1999 y 1950 – 1999) para detectar la tendencia del cambio, los cambios se han medido respecto a la media de precipitaciones de 1961- 1990.

Con la información han compuesto un mapa del globo terráqueo de grandes bandas latitudinales (de 10 grados de ancho) en las que se identifican esta nueva huella, a gran escala, del cambio climático asociado a las precipitaciones. Al comparar la tendencia de las lluvias registradas en esas series de años con la simulaciones climáticas, en las que se pueden incorporar o no los gases de efecto invernadero generados por la acción humana para diferenciar su influencia, los expertos concluyen que los cambios observados en la precipitaciones no se pueden explicar atendiendo únicamente a la variabilidad natural del clima. El efecto de los altibajos normales, no forzados por las emisiones humanas, “es demasiado pequeño”, concluyen, para explicar la evolución de las lluvias en el planeta en las últimas décadas.

Este tipo de investigación permite a los científicos concluir que el cambio climático inducido por la actividad humana es responsable de entre el 50 % y el 85% del aumento de las lluvias detectado en los territorios comprendidos entre los 40 y los 70 grados de latitud Norte.

Así mismo, cabe adjudicar a las emisiones de efecto invernadero entre el 20% y el 40% de la tendencia a la sequía registrada en las zonas tropicales y subtropicales del mismo hemisferio septentrional y de la mayor parte de la tendencia al incremento de la humedad en los trópicos y subtrópicos del hemisferios Sur.

### **I.VI.I Precipitaciones en México.**

Entonces como el ciclo del agua se ha afectado de manera directa ya que contaminamos más agua de la que los procesos naturales pueden purificar y reenviar a los acuíferos, sin mencionar la sobreexplotación de estos, para abastecer a toda la población, debemos estar conscientes de que los cambios en este ciclo son tan importantes que se tendrán sequías más extensas, los ciclones y huracanes más intensos y frecuentes.



Tan solo en México algunas cuencas, tienen tasas extremadamente lentas de recarga y afluencia, por lo que el agua extraída de esas cuencas es superior a su tasa natural de recarga, tal como es el caso de la cuenca Baja California, Pacífico Norte, y Noroeste.

En nuestro país el uso del agua se distribuye como se muestra en la figura 1.11, siendo el uso agrícola el de mayor demanda, entonces si nuestro abastecimiento decrece estaremos no sólo con restricciones acerca de agua para ingesta humana sino además veremos limitada nuestra producción alimentaria a nivel nacional, ya que no sólo no seremos capaces de exportar nuestro producto sino que además ni siquiera podremos satisfacer la demanda interna de nuestro país.

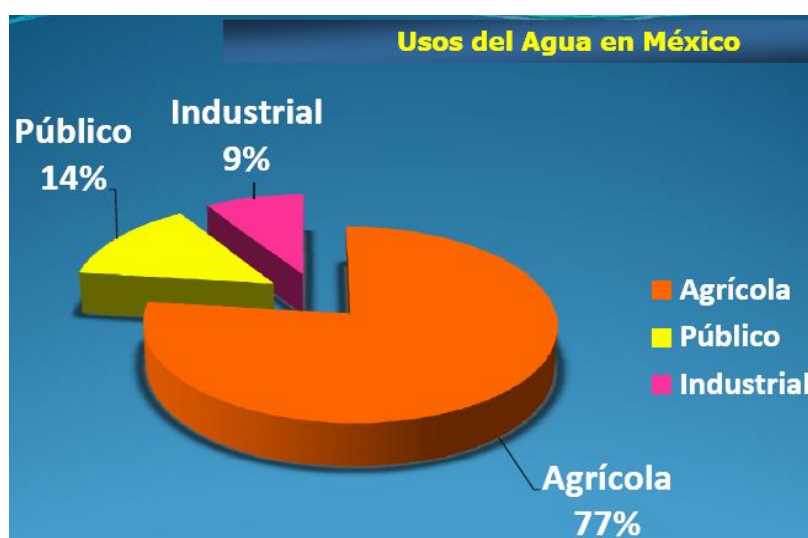


Figura 1.11. Fuente: Comisión Nacional del Agua.<sup>12</sup>

De acuerdo con CONAGUA<sup>13</sup> se han establecido algunos de los impactos previstos para México debido al Cambio Climático sobre el ciclo del agua y sus consecuencias, los cuales se muestran a continuación:

- Filtración de agua salina.
- Desabasto de agua.
- Migración de personas de comunidades agrícolas a centros urbanos.
- Incremento de temperatura en la zona noroeste, en consecuencia disminución de la disponibilidad del agua en donde están ubicados los distritos de riego con mayor tecnificación.
- Crisis alimentaria.

<sup>12</sup> CONAGUA. Julio 2008

<sup>13</sup> Comisión Nacional del Agua. Julio 2008.





## **I.VII Informe Stern.**

El informe Stern sobre la economía del Cambio climático (Stern Review on the Economics of Climate Change) es un informe sobre el impacto del cambio climático y el calentamiento global sobre la economía mundial. Redactado por el economista Sir Nicholas Stern por encargo del gobierno del Reino Unido, fue publicado el 30 de Octubre del 2006, el informe supone un hito histórico al ser el primer informe encargado por un gobierno a un economista en lugar de a un climatólogo.<sup>14</sup>

Sus principales conclusiones afirman que se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión, se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global.

El informe también sugiere la imposición de ecotasas para minimizar los desequilibrios “socioeconómicos”, afirmando que:

“Nuestras acciones en las décadas inmediatamente venideras pueden implicar el riesgo de una interrupción de la actividad económica y social durante el resto de este siglo y el siguiente, de una escala parecida a la de las grandes guerras y la Gran Depresión.”<sup>15</sup>

De acuerdo con el Informe Stern, para mediados del presente siglo, 200 millones de habitantes pueden llegar a ser desplazados permanentemente, debido al incremento en el nivel del mar, fuerte inundaciones y sequías más intensas.

El Cambio Climático Antropogénico generará costos para la economía global que el Informe Stern y el IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) han estimado podrían alcanzar hasta el 20% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial, a mediados de este siglo, si la comunidad internacional no logra un acuerdo eficaz para reducir las emisiones globales actuales de GEI (aproximadamente 50 mil millones de toneladas por año), al menos a la mitad (aproximadamente 25 mil millones), antes del año 2025.

El cambio climático representa un desafío único para la economía ya que se cataloga y define como: el mayor ejemplo de falla histórica nunca antes vista. En análisis económico debe ser global, tiene que ver con horizontes temporales de largo plazo, contiene centralmente la economía del riesgo y de la incertidumbre, y examina la posibilidad de un cambio mayor, no marginal.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> Informe Stern. <http://www.sternreview.org.uk>

<sup>15</sup> Informe Stern. <http://www.sternreview.org.uk>

<sup>16</sup> Informe Stern. <http://www.sternreview.org.uk>





El Cambio Climático Antropogénico desde el punto de vista económico se puede analizar como la mayor falla histórica del mercado, pues los precios de los combustibles fósiles nunca han incorporado los costos de las externalidades negativas que generan como problemas de salud pública por contaminación del aire y todos los impactos adversos del calentamiento global. En la medida que los costos son inevitables, hoy las mejores estrategias de desarrollo deben integrar la mitigación del cambio climático.



## Capítulo II

### II.I Antecedentes.

La evidencia científica indica que el cambio climático es inducido por las emisiones antrópicas de GEI y se perfila, con la pérdida de biodiversidad, la degradación de ecosistemas y de sus servicios ambientales, como el problema ambiental de mayor trascendencia en el siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad.

Por sus efectos adversos previsibles, el cambio climático trasciende la esfera de lo material y representa una amenaza creciente para muchos procesos de desarrollo. Por su globalidad, requiere de un enfoque multilateral, pues ningún país puede hacerle frente aisladamente ya que por su dimensión temporal, impone la necesidad de planear a largo plazo.

El Cambio Climático es un problema de seguridad estratégica, nacional y mundial, por lo que es urgente incrementar los esfuerzos de mitigación (reducción de emisiones de GEI) y desarrollar capacidades de adaptación ante sus impactos adversos previsibles. Con base en la evidencia científica, la información económica más reciente indica que la inacción en el presente elevará exponencialmente los costos de adaptación en el futuro.

La preocupación causada por estudios realizados en los años 80's, sobre los efectos destructores de la capa de ozono por parte de los Clorofluorocarbonos (CFC's), condujeron a la firma del Protocolo de Montreal en 1987.

En 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) establecen el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), cuyo propósito es analizar los resultados científicos más importantes para establecer una base firme para la discusión internacional. A partir de esta fecha se desarrolló una gran actividad científica y política.

En respuesta la política internacional al Cambio Climático comenzó con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC<sup>1</sup> por sus siglas en inglés) en 1992 en Río de Janeiro. Esta Convención establece un marco para la acción cuyo objetivo es la estabilización de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, para mitigar el efecto de la actividad humana interfiera en el sistema climático.

Posteriormente se adoptó el protocolo de Kioto en 1997 el cual tienen como objetivo: disminuir el 5.2% de los niveles de GEI de 1990 para el período de 2008-2012. Para tal efecto ciertas

---

<sup>1</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change.



regiones y países, los cuales se encuentran en el Anexo I del Protocolo, deben reducir sus emisiones, por ejemplo: Unión Europea y Suiza (8%), EEUU (7%), Canadá, Hungría, Polonia y Japón (6%). Otro de los puntos fuertes del Protocolo de Kioto son los compromisos de reducción jurídicamente vinculantes para los países pertenecientes al Anexo I, por lo que su incumplimiento podría ser penalizado.

## II.II Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional de la UNFCCC que busca minimizar y enfrentar los efectos del cambio climático a partir de la reducción de emisiones de GEI. Este Protocolo contiene metas de reducción de emisiones, de los seis gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal<sup>2</sup>, legalmente obligatorio para los países del Anexo I en al menos un 5% para el período 2008 al 2012, con el fin de detener y revertir la tendencia de aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que se tenían en 1990.

El Protocolo de Kioto plantea el compromiso de hacer avanzar a la comunidad internacional hacia el logro del objetivo último de la Convención, de impedir interferencias antropógenas (origen humano) peligrosas en el sistema climático, a través de un instrumento legal.

El objetivo que se persigue en el Protocolo de Kioto es el objetivo mismo de la UNFCCC, y que enuncia lo siguiente:

### II.II.I Artículo 2 del Protocolo de Kioto.<sup>3</sup>

**Parte 1.** Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el Anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos.

- a) Aplicará y/o seguirá el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el Anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos.
  - i) Fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional;

---

<sup>2</sup> Los gases no contemplados en el Protocolo de Montreal son: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC), Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>).

<sup>3</sup> Véase Protocolo de Kioto, UNFCCC, <http://unfccc.int>



- iv) Investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del Dióxido de Carbono y tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;
- v) Reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarias al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero y aplicación de instrumentos de Mercado.

Las Conferencias de la Partes son reuniones que se realizan periódicamente, con el objetivo de definir y cumplir compromisos. Es decir en caso de incumplimiento de alguno o varios de los artículos del Protocolo de Kioto, por alguno de los países Anexo I, la Conferencia de las Partes aprobará procedimientos y mecanismos para determinar los casos de incumplimiento según las disposiciones del Protocolo de Kioto, teniendo en cuenta la causa, el tipo y el grado de incumplimiento.

### II.II.II Mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto contempla tres mecanismos de flexibilidad para ayudar a reducir los costos y facilitar las obligaciones contraídas por los países industrializados respecto a la limitación de GEI: el **Comercio de Emisiones**, la **Implementación Conjunta** y el **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**, los dos últimos mecanismos se basan en la realización de proyectos.

#### *Comercio de Emisiones (Art. 17).*

“La conferencia de las Partes determinará los principios, modalidades, normas y directrices pertinentes, en particular para la verificación, la representación de informes y la rendición de cuentas en relación con el comercio de los derechos de emisión. Las Partes incluidas en el Anexo B podrán participar en operaciones de comercio de los derechos de emisión a los efectos de cumplir sus compromisos dimanantes del artículo 3. Toda operación de este tipo será suplementaria a las medidas nacionales que se adopten para cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones dimanantes de ese artículo.”<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Artículo 17. Protocolo de Kioto.



### **Implementación Conjunta (Art. 6).**

“A los efectos de cumplir los compromisos contraídos en virtud del artículo 3, toda Parte incluida en el Anexo I podrá transferir a cualquier otra de esas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones resultantes (URE) de proyectos encaminados a reducir las emisiones antropógenas por las fuentes o incrementar la absorción antropógena por los sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía.”<sup>5</sup>

### **Mecanismo de Desarrollo Limpio (Art. 12).**

“El propósito del Mecanismo para un Desarrollo Limpio es ayudar a las **Partes no incluidas** en el **Anexo I** a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las **Partes Incluidas** en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.”<sup>6</sup>

### **II.II.III La entrada en vigor del Protocolo.**

El protocolo comenzó a ser jurídicamente obligatorio para sus 128 Partes, a partir del 16 de Febrero de 2005, esto significa que:

- 1) Treinta países industrializados estarán obligados jurídicamente a cumplir los objetivos cuantitativos para reducir o limitar sus emisiones de gases de efecto invernadero.
- 2) El mercado internacional del carbono pasará a ser una realidad jurídica y práctica. El régimen de “comercio de derechos de emisión” del Protocolo permite a los países industrializados comprar y vender mutuamente créditos de emisión, este planteamiento basado en el mercado mejorará la eficiencia y rentabilidad de los recortes de emisiones.
- 3) El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), pasará de la fase inicial a la plena operatividad. El MDL alentará las inversiones en proyectos en países en desarrollo que limiten las emisiones al mismo tiempo que promuevan un desarrollo sostenible.

---

<sup>5</sup> Artículo 6. Protocolo de Kioto.

<sup>6</sup> Artículo 12. Protocolo de Kioto.



## **II.III Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).**

### **II.III.I Características de un proyecto MDL.**

El Protocolo de Kioto no define las actividades y tecnologías que un proyecto debe cumplir para participar como MDL, sin embargo existen criterios generales que deben cumplirse, para que un proyecto se considere dentro del esquema de MDL, los cuales se muestran a continuación:

- Los proyectos deben generar reducción de emisiones de GEI en un país en desarrollo, y estas emisiones deben ser reales, cuantificables y a largo plazo.
- El proyecto debe señalar los límites de la reducción o secuestro de GEI.
- Las reducciones de emisiones de GEI de un proyecto deben ser adicionales. Es un requisito la adicionalidad y se refiere a que las emisiones generadas son menores que si no se hubiera implantado el proyecto, además de demostrarse que el proyecto no se hubiera implantado en ausencia del Mecanismo de Desarrollo Limpio. La reducción de emisiones de GEI son calculadas con un escenario hipotético y que se define como base de referencia o línea base.
- Los proyectos MDL deben contribuir al desarrollo sostenible del país anfitrión, es decisión de éste declarar que a través del proyecto se contribuye a su desarrollo sostenible y son considerados los criterios sociales, económicos y ambientales.
- Los proyectos deben cumplir con los requisitos en el aspecto legal del país anfitrión.
- Se deben evitar por las Partes las certificaciones generadas por proyectos que utilicen energía nuclear.
- No podrán utilizarse fondos provenientes de la Ayuda Oficial para el Desarrollo para financiar proyectos.

### **II.III.II Desarrollo de proyectos MDL.**

Las reglas establecidas por el Consejo Ejecutivo del MDL señalan las siguientes categorías autorizadas para el desarrollo de proyectos MDL.

- 1) Industrias energéticas (renovables / no renovables).
- 2) Distribución de energía.
- 3) Demanda de energía.
- 4) Industrias manufactureras.
- 5) Industrias químicas.
- 6) Construcción.
- 7) Transporte.
- 8) Minas/ producción mineral.



- 9) Producción metalúrgica.
- 10) Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural).
- 11) Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre.
- 12) Uso de solventes.
- 13) Disposición y manejo de desechos.
- 14) Forestación y reforestación.
- 15) Agricultura.

Un proyecto MDL debe cumplir con la condiciones de adicionalidad, de determinación de la línea base y de contribución al desarrollo sostenible del país, según lo establece el Artículo 12 del Protocolo de Kioto.

Un proyecto que participa en el MDL debe cumplir con el ciclo establecido por el Consejo Directivo del MDL antes de poder recibir los beneficios económicos que resultan de esa participación.

#### II.IV Fases de un MDL.

Ciclo de un proyecto en el esquema de los MDL (figura 2.1)

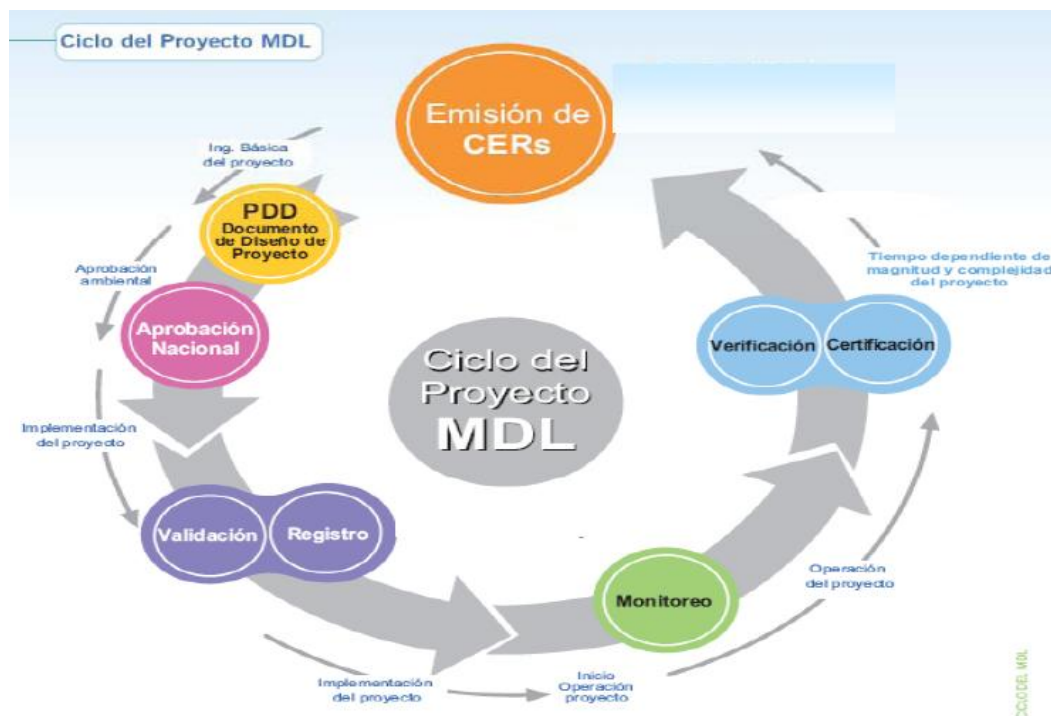


Figura 2.1. Ciclo de un proyecto MDL.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Fuente: Ecosecurity.



### **II.IV.I 1. Diseño del proyecto.**

Este es el conjunto de actividades que culmina con el registro del proyecto MDL.

#### **1. Elaboración del Documento de Diseño del Proyecto por el participante en el proyecto.**

Este documento contiene, de manera general, la siguiente información:

- a) Descripción general del proyecto.
- b) Definición de la metodología usada para la línea base (baseline) del proyecto. Esta metodología debe tener la aprobación del Consejo Ejecutivo.
- c) Descripción de cómo se reducen las emisiones o se absorbe el carbono (demostración de la adicionalidad).
- d) Definición de la duración del proyecto y del período de acreditación.
- e) Análisis de los impactos ambientales.
- f) Referencia a las fuentes públicas de financiamiento.
- g) Observación de los interesados.
- h) Plan y metodología de vigilancia de los resultados del proyecto y su justificación.

#### **2. Validación del proyecto por la Entidad Operacional.**

Esta es una evaluación independiente para comprobar, ante la Junta Ejecutiva del MDL, si el proyecto se ajusta a los requisitos del MDL.

#### **3. Aceptación y registro del proyecto por la Autoridad Nacional Designada.**

#### **4. Aceptación y registro del proyecto por el Consejo Ejecutivo.**

### **II.IV.II 2. Ejecución del Proyecto.**

1. **Ejecución del plan de vigilancia** por el promotor del proyecto.
2. **Verificación y Certificación** de las emisiones por la Entidad Operacional.
3. **Emisión** por el administrador del registro MDL de las unidades de reducción resultantes del proyecto (CER's), o absorciones de carbono.

#### **1. Actores que intervienen en el proceso del MDL.**

- a) El proceso de un proyecto MDL requiere de la intervención de varias instituciones, algunas de ellas creadas exprofeso para el funcionamiento de este mecanismo.





- b) La Junta Ejecutiva del MDL: este es el órgano de supervisión del funcionamiento del MDL, que trabaja bajo la autoridad y orientación de la Conferencia de las Partes en calidad de Reunión de las Partes (CP/CRP).
- c) El país no incluido en el Anexo I, país en desarrollo receptor del proyecto. Este sería el caso de México.
- d) El país Anexo I, que es el país que hace la inversión.
- e) Las Autoridades Nacionales Designadas.
- f) El promotor de proyecto.
- g) Las Entidades Operacionales Asignadas por la Junta Ejecutiva del MDL, cuya labor es valorar los proyectos, verificar y certificar la reducción de emisiones o absorciones de carbono por sumideros.

## **2. Junta Ejecutiva (JE).**

Órgano encargado de supervisar el funcionamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio. La Junta Ejecutiva está integrada por diez miembros; un miembro de cada uno de los cinco grupos regionales de Naciones Unidas, dos miembros procedentes de Partes incluidas en el Anexo I, dos miembros procedentes de Partes no incluidas en el Anexo I, un miembro en representación de los pequeños estados insulares en desarrollo. Las actividades que desempeña la Junta Ejecutiva son:

- Supervisar al MDL.
- Establecer reglas referentes al cálculo de la base de referencia, vigilancia de emisiones, procedimientos de verificación, aprobación de proyectos y acreditación de las entidades operativas.
- Procedimientos y Modalidades para los proyectos.
- Elaboración y gestión de registro MDL.
- Información al público.

## **3. País anfitrión o no incluido en el Anexo I.**

Es el país que no pertenece al Anexo I de la UNFCCC, en el cual se efectúa el proyecto, y debe cumplir con ciertos requisitos para poder participar, los cuales son enunciados a continuación:

- 1) Haber ratificado el Protocolo de Kioto.
- 2) Participar voluntariamente en la actividad del proyecto MDL (como entidad pública o privada del país participante).
- 3) Tener establecida una Autoridad Nacional Designada.



#### **4. País incluido en el Anexo I de la UNFCCC.**

Para que un país con compromisos cuantificados de reducción de emisiones pueda participar en proyectos MDL es necesario que haya realizado las siguientes actividades:

- 1) Designar a la AND<sup>8</sup>.
- 2) Haber ratificado el Protocolo de Kioto.
- 3) Tener el límite cuantitativo de sus emisiones, encontrándose ya establecido en el PK<sup>9</sup>, a partir del cálculo de su atribución de GEI.
- 4) Establecer un registro nacional.
- 5) Contar con un sistema nacional para la estimación de emisiones.
- 6) Entregar anualmente los inventarios requeridos.

#### **5. Autoridad Nacional Designada (AND).**

Existe una Autoridad Nacional Designada en cada uno de los países participantes en el proyecto, que hacen la labor de puntos focales para el trámite de los proyectos MDL. En el caso de México, es el Comité Mexicano para proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero, COMEGI.

Las Partes deben nombrar a una AND para poder participar en los proyectos MDL, cuyas funciones principales son las siguientes:

- Desempeñar el papel de Autoridad Nacional Designada.
- Revisar y emitir Cartas de Aprobación de Proyectos MDL.
- Promover y facilitar el desarrollo de proyectos.
- Difundir y capacitar para la realización de proyectos de reducción o captura de GEI.

#### **6. El promotor del proyecto.**

Por lo general puede ser una empresa o institución del sector privado.

#### **7. Entidad Operacional Designada (EOD).**

Es una entidad independiente acreditada por la JE del MDL, la cual está facultada para presentar nuevas metodologías, además de realizar las siguientes actividades:

- Validar proyectos MDL y presentarlos ante la JE para su aprobación y registro.
- Verificar y certificar las reducciones de emisiones de GEI.

---

<sup>8</sup> Autoridad Nacional Designada.

<sup>9</sup> Protocolo de Kioto.



### II.IV.III Calendario de implantación y Reducciones Certificadas.

El calendario de implantación se considero independiente de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto y la fecha establecida fue el primero de enero de 2000, lo que indica que los proyectos iniciados a partir de esta fecha pueden ser validados y registrados antes del 31 de diciembre de 2005, para poder ser utilizadas las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER<sup>10</sup> por sus siglas en inglés) en el período de compromiso establecido entre 2008-2012.

Las CER son unidades expedidas por la JE, una CER corresponde a una tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, pueden ser utilizadas para dar cumplimiento a compromisos de reducción o limitación de GEI de las Partes incluidas en el Anexo I o bien comerciar con ellas en el Comercio Internacional de Emisiones regulado por artículo 17 de Protocolo de Kioto.

### II.V Ciclo de la actividad de un proyecto.

Esta sección describe las etapas de un proyecto MDL (figura 2.2), las cuales deben cumplir con las condiciones establecidas por las “Modalidades y Procedimientos de un Mecanismo de Desarrollo Limpio”, los proyectos de pequeña escala tienen simplificación en el ciclo del proyecto por lo que se analizará posteriormente.

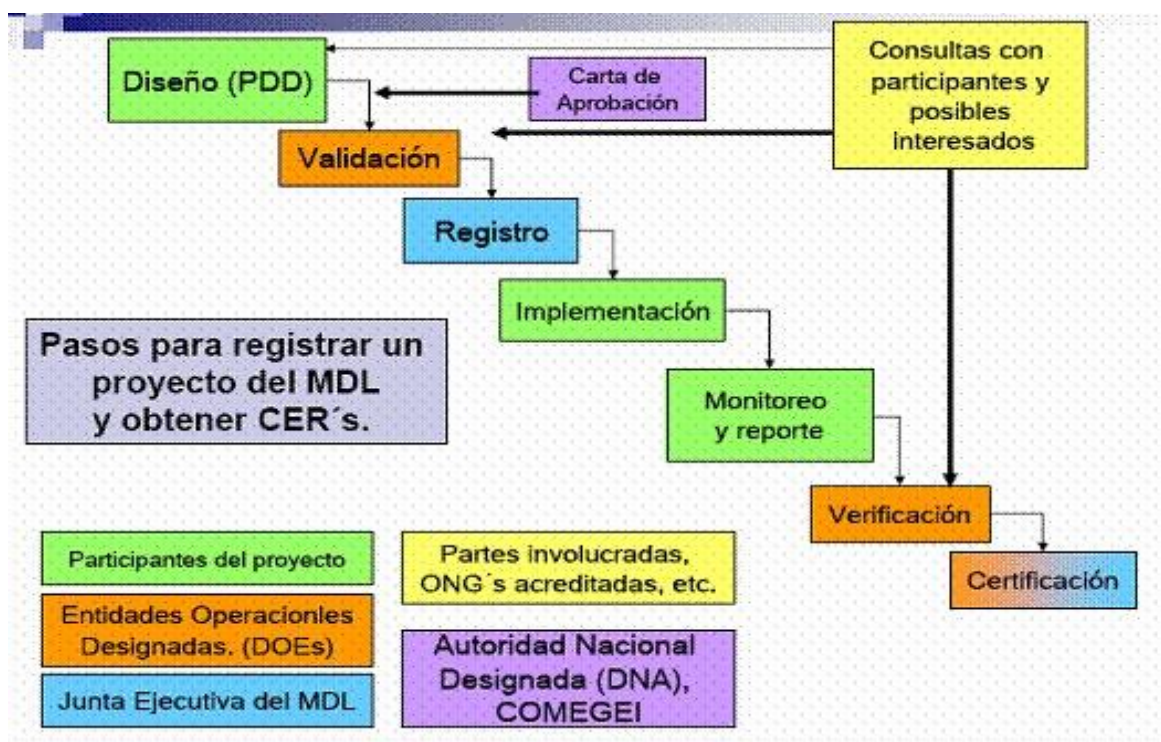


Figura 2.2. Fases en el proceso de implementación de un MDL.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Certified Emission Reductions.

<sup>11</sup> Fuente: Instituto Nacional de Ecología.2008.



### II.V.I Diseño.

El Documento de Diseño de Proyecto (DDP), es un formato que indica los requerimientos de esta etapa, fue establecido por la Junta Ejecutiva, el idioma en que debe ser presentado es el inglés. El formato debe incluir la descripción de la actividad, la aplicación al proyecto de una metodología para la base de referencia, aplicación de la metodología de vigilancia, una estimación de las reducciones de emisiones de GEI por fuentes, repercusiones ambientales y la alegación de los interesados.

El documento del proyecto debe estar vigilado por la Entidad Operación Designada (EOD), la cual debe ser contratada por los participantes para la aprobación y registro del proyecto ante la JE. A continuación se describirán los principales elementos del diseño de un proyecto MDL.

#### a) *Base de referencia o Línea Base.*

La base de referencia de un proyecto MDL, es el escenario que se presentaría de las emisiones antropógenas por las fuentes de GEI de no realizarse el proyecto propuesto (Modalidades y Procedimientos del MDL). La base de referencia abarca las emisiones de los gases, sectores y fuentes enunciados en el Anexo A de Protocolo de Kioto.

Se puede optar por una base de referencia que ya haya sido aprobada por la JE, las cuales se publican en la página de internet del MDL.<sup>12</sup>

De no existir una metodología adecuada al proyecto propuesto, se propone una nueva base de referencia, la metodología debe estar fundamentada por algunos de los criterios siguientes:

- A. Las emisiones efectivas del momento o del pasado según se aplique.
- B. Las emisiones con una metodología que represente una línea de acción económicamente atractiva, teniendo en cuenta las barreras a las inversiones.
- C. Las tasas promedio de emisiones de actividades de proyectos análogas, realizadas en los cinco años anteriores en circunstancias sociales, económicas, ambientales y tecnológicas parecidas y con resultados que la sitúen dentro del 20% superior a su categoría.

---

<sup>12</sup> <http://cdm.unfccc.int>



**b) Adicionalidad.**

Un proyecto es considerado como adicional si la reducción de emisiones antropógenas de GEI por las fuentes es superior a la que se produciría de no realizarse el proyecto MDL propuesto (Modalidades y Procedimientos del MDL). Una alternativa al concepto de adicionalidad es “Un proyectos MDL es adicional si sus emisiones están por debajo de las de la base de referencia”.

Es muy importante demostrar que un proyecto es adicional, dado que sólo se otorgan créditos a éste tipo de proyectos, y para ello es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La prueba de adicionalidad tiene como propósito demostrar que dichos proyectos no se hubieran realizado en escenarios habituales.
- El DDP debe explicar cómo y porque el proyecto se considera adicional.
- Si se considera una nueva metodología como base de referencia, los participantes deben explicar cómo la metodología utilizada determina la base de referencia y, demostrar a través de ella, la adicionalidad de un proyecto.

Para ayudar a demostrar la adicionalidad de proyectos de MDL, existe la “Herramienta Consolidada para demostrar la adicionalidad de proyectos MDL” aprobada en una reunión de la JE.

Los siguientes razonamientos enunciados en “Metodología para la Implementación de los Mecanismo flexibles de Kioto – Mecanismo de Desarrollo Limpio en Latinoamérica”, pueden ayudar a demostrar la adicionalidad de un proyecto MDL.

- Una comparación cuantitativa o cualitativa de diferentes opciones de la base de referencia, manifestando que una opción diferente al proyecto MDL tiene mayores posibilidades de llevarse a cabo.
- La descripción, cuantitativa o cualitativa, de las barreras a las cuales debe enfrentarse al proyecto MDL, como las que se enuncian a continuación:
  - De inversión: Existe una alternativa más viable económicamente que el proyecto MDL pero que conduce a mayores emisiones.
  - Tecnologías: La alternativa menos avanzada tecnológicamente que el proyecto MDL involucra un menor riesgo, debido a la mayor incertidumbre de la nueva tecnología y la tecnología convencional conduce a mayores emisiones.



- Escenarios inerciales: Los escenarios comunes, las regulaciones, o los requerimientos políticos podrían llevar a la implantación de una nueva tecnología con mayores emisiones que los del proyecto MDL.
  - Otras barreras: El proyecto MDL propuesto, por razones específicas, tales como barreras institucionales de información limitada, escasos recursos directivos, poca capacidad organizativa, pocos recursos financieros, o poca capacidad para asimilar nuevas tecnologías, no se llevaría a cabo y las emisiones del país anfitrión serían mayores.
- El tipo de proyecto MDL propuesto no es típico en el área geográfica de su implantación, y no es exigido por la legislación o regulación del país anfitrión.

**c) *Período de acreditación.***

El período de acreditación se refiere al tiempo en que la Entidad Operacional Designada verifica y certifica las reducciones de emisiones de GEI, con el fin de que la JE pueda dar su aprobación y por consiguiente otorgar las Reducciones Certificadas de Emisiones.

En el Documento del Proyecto se debe indicar la fecha de iniciación y el tiempo de funcionamiento del proyecto, además del período de acreditación.

Existe la posibilidad de elegir entre un período de acreditación fijo de diez años no renovable, o un período de siete años renovable como máximo 3 veces, siempre y cuando una EOD valide la base de referencia e informe a la JE durante las renovaciones.

**d) *Vigilancia.***

Esta etapa comprende la recopilación y archivo de los datos necesarios durante el periodo de acreditación, con ellos se determina la validez de la base de referencia, y se estiman o miden las emisiones antropogénicas por las fuentes de GEI. Los participantes deberán elaborar un plan de vigilancia utilizando una metodología de vigilancia aprobada por la JE. El plan de vigilancia se activara al iniciarse la fase operativa del proyecto.

En caso de no existir una metodología de vigilancia aprobada adecuada al proyecto, los participantes deberán desarrollar una nueva metodología de vigilancia que sea la apropiada a la actividad del proyecto, y presentar el documento “Proposed



Methodology: Monitoring”. Cabe señalar que las metodologías de la base de referencia y vigilancia están muy relacionadas, y ambas sirven para demostrar la adicionalidad del proyecto.

Las metodologías de base de referencia y de vigilancia en estudio, aprobadas por la JE se hacen públicas en la página: <http:cdm.unfccc.int/methodologies>.

Los planes de vigilancia dependen del tipo de proyecto, pues en algunos la reducción de emisiones resultan de la diferencia de emisiones de la base de referencia y las emisiones del proyecto, y otros tienen una reducción de emisiones directas del proyecto, por tal motivo existen dos tipos de planes de vigilancia.

**e) Repercusiones ambientales.**

Los participantes deben analizar los impactos ambientales del proyecto, si el proyecto produce impactos significativos, los participantes deben exponer las medidas por su mitigación.

**II.V.II Validación y Registro.**

Esta etapa del ciclo del proyecto consiste en una evaluación independiente por una Entidad Operacional Designada (EOD), que establece la veracidad del cumplimiento de todos los requisitos establecido por las Modalidades y Procedimientos del MDL, en base al Documento de Diseño del Proyecto. Las EOD deben ser contratadas por los participantes y éstas deben ser acreditadas por la JE. Los aspectos que deben constatar son los siguientes:

- El proyecto es voluntario y está aprobado por el país anfitrión.
- El proyecto cumple con las modalidades y Procedimientos del MDL, y las regulaciones posteriores que haya aprobado la JE.
- El documento del proyecto está completo.
- Las metodologías de la base de referencia y de vigilancia elegidas están aprobadas por la JE, son aplicables a la actividad del proyecto, y están utilizadas correctamente.
- Se demuestra la adicionalidad del proyecto.
- Los límites de emisión del proyecto incluyen todas las fuentes de emisión de GEI que están bajo el control de los participantes, y se tienen en consideración las posibles fugas para hacer los ajustes correspondientes.



- Los cálculos son adecuados para la actividad del proyecto y reflejan las circunstancias nacionales y sectoriales, incluyendo escenarios futuros viables en base a las circunstancias del país anfitrión.
- La base de referencia no incluye factores externos a los límites del proyecto, como pueden ser los desastres naturales.
- El proyecto incluye un plan de vigilancia efectivo y fiable.
- El proyecto incluye un informe resumido de los comentarios recibidos de los interesados locales.
- El proyecto incluye un estudio del impacto ambiental.

Durante esta etapa la EOD debe dirigirse a las organizaciones internacionales acreditadas ante la UNFCCC, para exhortarlos a realizar observaciones sobre el proyecto e incluir en el informe de validación el análisis de las operaciones obtenidas.

La Entidad Operacional Designada una vez teniendo la documentación correcta y completa, procede a su envío ante la JE. La EOD debe hacer público el informe de validación y la solicitud de registro.

La EOD debe presentar una solicitud de registro ante la JE, el documento de diseño del proyecto (DDP), aprobación del proyecto por la AND, y una explicación de la alegaciones recibidas y cómo fueron tomadas en cuenta.

Finalmente el registro del proyecto se realiza a petición de la EOD que ha validado el proyecto, representando de esta manera la aceptación oficial del proyecto MDL ante la JE, para su posterior implantación.

### **II.V.III Implantación y vigilancia.**

Con el proyecto registrado, los participantes pueden proceder a su implantación, con la excepción de los proyectos iniciados en el año 2000 y cuyo registro se haya solicitado antes del 31 de diciembre de 2005, y en este caso la implantación puede ser anterior al registro.

Los participantes son responsables de la vigilancia del proyecto en la fase operativa, y debe realizarse de acuerdo con las exigencias del Plan de Vigilancia. Dicho plan se activará al iniciarse el funcionamiento del proyecto.

Los participantes deberán emitir un informe de vigilancia, que incluya las reducciones de emisiones antropógenas y someterlo a una EOD para su verificación.





#### **II.V.IV Verificación y Certificación.**

La verificación de un proyecto MDL es el examen periódico e independiente realizado por una Entidad operacional Designada, sobre las reducciones de emisiones obtenidas por la actividad del proyecto.

La certificación es la constancia por escrito de la EOD de que se obtuvieron las reducciones durante el período de tiempo especificado.

Los participantes deben contratar una EOD para llevar a cabo la verificación y certificación. La EOD elegida debe ser diferente a la que realizó la validación del proyecto. Los participantes y la EOD deben determinar la frecuencia de las verificaciones.

Al concluir el proceso de certificación, se solicita la expedición de CER. Es importante publicar el informe de certificación.

#### **II.V.V Expedición de las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER).**

El informe de certificación es una solicitud de expedición de las CER equivalente a la JE. La expedición debe realizarse en un plazo de 15 días a partir de la recepción, a menos de que sea solicitada una revisión. La revisión se limita a cuestiones de fraude o incompetencia de la EOD.

La JE expide las CER a través del Administrador del Registro del MDL, el cual realizará las siguientes acciones:

- Transferir la cantidad de CER equivalentes a los gastos administrativos y de adaptación, a la cuenta del registro prevista para estos fondos.
- Transferir la cantidad de CER restantes a las cuentas de las partes y de los participantes según sea lo indicado en la solicitud.

#### **II.V.VI Proyectos de Pequeña Escala y su Clasificación.**

Es importante identificar que el proyecto pueda considerarse un MDL de pequeña escala, para ello se han clasificado en tres tipos: de Energías Renovables, de Mejora de la eficiencia Energética y Proyectos que reducen la emisiones antropógenas de GEI, los cuales están sujetos a unos límites máximos y se enuncian a continuación:



- **Tipo I:** Actividades de proyectos de energías renovables con una capacidad máxima de producción equivalente<sup>13</sup> de 15 MW (o equivalente apropiado)<sup>14</sup>.
- **Tipo II:** Actividades de proyectos de mejora de la eficiencia energética que reduzcan el consumo de energía, por el lado de la oferta y/o la demanda, con un máximo equivalente de 15 GWh/año.
- **Tipo III:** Actividades de otros proyectos que reduzcan las emisiones antropogénicas por las fuentes y emitan directamente menos de 15 kt de CO<sub>2</sub> equivalente por año.

Es necesario que los proyectos se adapten a alguno de los estándares antes mencionados, sin embargo puede existir la posibilidad de que algún proyecto pueda estar en más de un tipo y en este caso es necesario acogerse a un tipo aunque pueda cumplir con más de una definición.

Puede darse el caso de que un proyecto no encaje en ninguna de las categorías establecidas, y es necesario que los participantes del proyecto propongan una nueva categoría a la JE antes de entregar el documento de diseño del proyecto. Esta propuesta debe incluir una descripción de la aplicación de la nueva categoría a la metodología simplificada de la base de referencia y de vigilancia. Si es aprobada por la JE ésta se incluirá en las clasificaciones.

## II.VI Mecanismos Financieros.

### II.VI.I Financiamiento de proyectos.

Las barreras a las que comúnmente se enfrentan los proyectos se refieren a problemas de financiamiento. Los proyectos energéticos tienen la característica de requerir inversiones importantes y esperar beneficios a largo plazo, por tal motivo es necesario considerar opciones de financiamiento.

La Guía Metodológica para Latinoamérica ha clasificado a los distintos agentes y modelos de financiamiento, haciendo un énfasis en ventajas y desventajas.

---

<sup>13</sup> Se entiende por producción máxima a la capacidad instalada o calculada que haya indicado el fabricante del equipo, sin tener el factor de disponibilidad efectiva de las instalaciones.

<sup>14</sup> La potencia de los proyectos puede referirse a megawatts de pico, eléctricos o térmicos (MW<sub>p</sub>, MW<sub>e</sub>, MW<sub>t</sub> respectivamente), se decidió medir en megawatts eléctricos (MW), y aplicar el factor de conversión correspondiente para los otros tipos de energía.



### **II.VI.II Modelos de financiamiento.**

Los agentes financieros pueden ser promotores locales de realización de proyectos MDL y tener el firme propósito de generar y exportar CER, y pueden ser empresas locales o agencias gubernamentales.

Empresas de países pertenecientes al Anexo I interesadas en adquirir créditos de carbono pueden pactar con los promotores locales la participación en proyectos MDL, los cuales pueden ser aportando capital, concediendo préstamos al proyecto o ayudas de tipo tecnológico para obtener las CER generadas. Los agentes pueden ser empresas u organismo externos, “socios financieros” para los cuales un proyecto MDL representa oportunidades de inversión debido al rendimiento que de estos pueda resultar. Los modelos financieros quedan clasificados de la siguiente manera:

- Financiamiento por promotores locales.
- Financiamiento por compradores de las CER.
- Socios financieros (Project Finance).

### **II.VI.III Instituciones Financieras y Fondos de interés para proyectos MDL.**

Los fondos de carbono se encuentran orientados a financiar proyectos generadores de CER. Mencionaremos los grupos financieros más importantes para proyectos MDL, así como sus características más importantes.

- ***Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo (Grupo BID).***

Es la principal fuente de financiamiento para proyectos de desarrollo económico, social en América Latina y el Caribe. El grupo BID, realiza préstamos para inversión pública y privada, préstamos de emergencia, financiamiento para el desarrollo de proyectos sociales. El Grupo BID tiene su sede en Washington e incluye las instituciones que se enuncian a continuación:

- El Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- La Corporación Interamericana de Inversiones (CII).
- El Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN).



- **Corporación Andina de Fomento (CAF).**

Es una institución financiera multilateral que apoya al desarrollo sostenible de los países accionistas, atiende al sector público y privado otorgando servicios y productos financieros a clientes constituidos por los gobiernos de los estados accionistas<sup>15</sup>, instituciones financieras y empresas públicas y privadas.

La CAF tiene diversas modalidades de apoyo financiero, las cuales son: la concesión de préstamos de corto, mediano y largo plazo, participación financiera de proyectos, y la cooperación de operaciones con otros organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial, la Corporación Interamericana de Inversiones, entre otros. La CAF establece el programa Latinoamericano del Carbono, con el propósito de apoyar la participación de sus clientes en el mercado del Carbono.

- **Hemisferios de Energía y Transporte Sostenible (FHET).**

Pertenecen a una familia de fondos no administrados por el DIB, y los fondos se encuentran destinados al apoyo de la preparación de energía sostenible y transporte urbano en América Latina el Caribe.

La clase de proyectos que puede financiar son los relacionados con la eficiencia energética en el uso final especialmente, aplicación de energía renovable no convencional y al transporte urbano limpio y eficiente. Las instituciones que pueden recibir esta asistencia financiera son los gobiernos nacionales, entidades públicas y del sector privado, organizaciones regionales.

- **Fondo de Energía Limpia y Eficiencia Energética) ESCO Found.**

Este fondo tiene como objetivo realizar inversiones en pequeñas empresas innovadoras que ofrecen servicios a terceros, además busca invertir en proyectos de generación de energía con tecnologías renovables y de eficiencia energética.

- **Banco Europeo de inversiones.**

Es una institución independiente dentro de la Unión Europea, y fue establecida para financiar proyectos que promuevan el desarrollo de la UE. Actúa con fondos para préstamos de riesgo compartido a temas relacionados con el Cambio Climático y con préstamos para proyectos que tiene la finalidad de disminuir o mitigar las emisiones de GEI.

---

<sup>15</sup> Los países accionistas de la CAF son: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, Jamaica México, Panamá, Paraguay Perú, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.



## **II.VII Mercado de los Bonos de Carbono.**

El nombre de “Bonos de Carbono” se ha dado como un nombre genérico a un conjunto de instrumentos que pueden generarse por diversas actividades de reducción de emisiones. Así se puede decir que existen varios tipos de bonos de carbono, dependiendo de la forma en que estos fueron generados:

- Reducciones Certificadas de Emisiones (CER).
- Montos Asignados Anualmente (AAU).
- Unidades de Reducción de Emisiones (ERU).
- Unidades de Remoción de Emisiones (RMU).

### **II.VII.I Reducciones Certificadas de Emisiones (CER).**

Los países del Anexo I que intervienen en proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, pueden obtener Reducciones Certificadas de Emisiones por un monto equivalente a la cantidad de bióxido de carbono equivalente que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado del proyecto. Para ello el proyecto debió cumplir con los requisitos establecidos por el Consejo Ejecutivo del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

### **II.VII.II Montos Asignados Anualmente (AAU).**

Corresponde al monto total de emisión de gases de efecto invernadero que un país se le permite emitir a la atmósfera durante el primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kioto. Cada país divide y asigna su respectivo monto a empresas localizadas en su territorio a manera de límite de emisión por empresa.

### **II.VII.III Unidades de Reducción de Emisiones (ERU).**

Corresponde a un monto específico de emisiones de gases de efecto invernadero que dejaron de ser emitidas por la ejecución de un proyecto de implementación Conjunta.

### **II.VII.IV Unidades de Remoción de Emisiones (RMU).**

Corresponde a créditos obtenidos por un país durante proyectos de captura de carbono. Estas unidades o créditos solamente pueden ser obtenidas por países Anexo I del Protocolo de Kioto y pueden obtenerse también en proyectos de Implementación Conjunta. Las unidades de Remoción de Emisiones solamente pueden ser usadas por los países para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones. Estos créditos no pueden ser considerados en periodos de compromiso posteriores.



Entonces de acuerdo a lo anterior México Solamente puede utilizar y desarrollar mercados en función de las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER), ya que se encuentra dentro de los países denominados como No Anexo I. lo que da lugar a que se tenga gran interés en la utilización de MDL para reducir las emisiones de GEI ya sea como país anfitrión, huésped o desarrollando tecnología para implementar MDL, e incursionar en el Mercado de Carbono.

Las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER) que hayan sido emitidos por la junta Ejecutiva pasan al Administrador de Registro de Certificados (órgano interno de la JE), el cual tiene la tarea de mantener el registro actualizado de las CER emitidas, como propiedad y las transferencias realizadas.

Los propietarios de las CER pueden negociar directamente en los mercados internacionales, para esto son considerados posibles propietarios de las CER a los participantes del proyecto, los gobiernos de los países, los inversionistas de los países Anexo I, los fondos de inversión y a las entidades comercializadoras de CER.

Los certificados tienen la propiedad de ser contratos formales en los cuales se establecen los derechos de cada una de las partes que se involucren en el proyecto, y los propietarios legales de las CER.

## **II.VIII Tipos de comercialización y transacciones.**

Las transacciones de las CER pueden desarrollarse dentro del sistema de comercialización del Protocolo de Kioto en el marco de los proyectos MDL y pueden considerarse tres tipos de modelos de comercialización: unilateral, bilateral y multilateral.

### **II.VIII.I Modelo de Comercialización Unilateral.**

Este modelo es el único que plantea la usencia de países que integren el Anexo I. el desarrollo, la financiación y la implementación del proyecto corre por cuenta del país anfitrión. Como cualquier otro proyecto MDL, es necesario que exista una parte que apruebe el diseño, la línea base y que emita las Reducciones Certificadas de Emisiones CER.

Una vez que sean certificadas las reducciones, el país anfitrión puede vender todo o parte de las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER) a las corporaciones o gobiernos del Anexo I. el precio puede ser negociado por el comprador y el vendedor o comercializados por una tercera parte bajo la supervisión del Comité Ejecutivo de Mecanismo de Desarrollo limpio. La posibilidad de la comercialización de CER en mercados secundarios es esencial para el funcionamiento del Modelo Unilateral de formulación de proyectos.



### **II.VIII.II Modelo de Comercialización Bilateral.**

Este modelo permite que uno o más países del Anexo I inviertan como participantes directos en la implementación de un proyecto MDL. En esta estructura, el modelo, la selección del proyecto, la financiación y el beneficio de los créditos es tomado entre las partes. Desde la perspectiva de los países desarrollados, la formulación bilateral impone costos de transacción más altos que las demás opciones de cumplimiento. Ellos deben buscar el socio dentro de los países en vías de desarrollo, estudiar y negociar su participación en un proyecto, desarrollar los compromisos contractuales, asumir los costos legales y administrar el proyecto conjuntamente.

### **II.VIII.III Modelo de Comercialización Multilateral.**

Este tipo de modelo, es análogo a lo que puede ser fondo mutual de proyectos de MDL, los recursos financieros de los países Anexo I están centralizados en un fondo de inversión y son intercambiados por lo de los países no Anexo I mediante el intercambio de CER. El fondo en cuestión puede proveer asesoría financiera, servicios técnicos para el diseño de los contratos con los certificadores así como el arreglo de los precios de las CER. Una vez que las reducciones de emisiones derivadas de los proyectos son certificadas, los créditos pueden venderse a través de un mercado centralizado a los inversionistas. La oportunidad se centra en consolidar este mercado en las bolsas de productos, donde los inversionistas reciben una parte de CER proporcional a sus contribuciones de capital en el fondo, o su equivalente en dinero.

En esta modalidad interviene los Fondos de Carbono como: Prototype Carbon Fund (PCF), el Fondo Holandés CERUPT, International Finance Corporation (IFC), entre otros, con el fin de ejecutar proyectos, y otras entidades son las compradoras de las CER. Los Fondos captan recursos para la ejecución de proyectos que seleccionan según sus propios criterios. Todos los derechos de CER son transferidos a los Fondos de inversión.

Las transacciones pueden clasificarse de acuerdo a la forma de pago y entrega de CER en distintos tipos de pago por adelantado, contrato “forward” a precio fijo, contrato “forward” a precio variable, prepago con la opción de mantener el precio fijo y mercado spot.

- ***Pago por adelantado.***

El comprador paga la totalidad de los certificados que se emitirán durante el plazo del contrato. La ventaja del comprador al asumir los riesgos, es la obtención de precios bajos de las CER.



- **Contrato “forward” a precio fijo.**

Es esta modalidad el comprador acuerda un precio fijo por año para todo el período del contrato. El vendedor asume el riesgo de cumplir con las CER dadas a un precio fijo.

- **Contrato “forward” a precio variable.**

El comprador se compromete a adquirir las CER generadas en el período del contrato considerando una variación en los precios. Existe un riesgo compartido entre el comprador y el vendedor, el primero al haber una fluctuación en los precios, y el segundo con la responsabilidad de entregar un número de CER acordadas.

- **Prepago para la opción de mantener el precio.**

En este caso el comprador realiza un primer pago parcial anticipado de CER con la finalidad de mantener el precio de los certificados. El comprador tiene la posibilidad de adquirir un número determinado de CER, y recibe el derecho de hacer una compra a futuro. El vendedor asume el riesgo de no obtener las CER ya pactadas y las variaciones de los precios, sin embargo tiene un comprador fijo, lo cual representa una ventaja.

- **Mercado Spot.**

En esta modalidad el vendedor entrega al mercado de oportunidad o “mercado spot”, una cantidad de CER determinada, y recibe un solo pago de la entrega y no existe ningún compromiso entre el vendedor y el comprador a futuro. El riesgo es asumido por el vendedor al haber asumido todo el costo del proyecto.





## Capítulo III

### III.I Introducción.

Debido a las altas concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera en los últimos años y sus consecuencias directas en el Calentamiento Global se han establecido diferentes mecanismos y protocolos para tratar de mitigar las emisiones que dañan nuestro planeta.

Además de establecer bajo criterios unánimes y de manera global para que todas la naciones participantes en las Reuniones de las Partes<sup>1</sup> manejen y conozcan, como se clasifican y determinan cuales son los principales países emisores de GEI, y también definir las actividades y/o procesos humanos directos o indirectos que más aportan en la producción de los mismos, siendo el bióxido de carbono el gas que mayor concentración posee en la atmósfera dentro de la clasificación de los GEI aunque su potencial de calentamiento sea el más bajo dentro de las características de cada uno de los gases de Efecto Invernadero.

El protocolo de Kioto tiene como objetivo principal reducir en un 5% las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo al nivel de 1990, en el período 2008-2012, para esto es necesario presentar una clasificación de los GEI de acuerdo a su origen y características particulares. La cual se estipulo en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

Para poder tener una definición clara de que son los GEI, se basaron en la características que acompañan a estos y se establece que la propiedad de los GEI que hace la diferencia con los otros componentes de la atmósfera es que son “bastante transparentes a la radiación solar que impacta la Tierra, ilumina y calienta su superficie, pero relativamente opacos para la radiación infrarroja que la superficie terrestre re-emite, al calentarse, hacia el espacio exterior. Esto es a mayor concentración de GEI en la atmósfera, mayor la opacidad de ésta ante la radiación infrarroja reflejada y mayor temperatura promedio de la superficie terrestre.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Reunión anual definida por el protocolo de Kioto, que se refiere a la reunión de las naciones participantes y a los informes presentados por estas.

<sup>2</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).



### III.II Principales actividades emisoras de GEI.

Los principales rubros que hacen que, las emisiones y concentración de GEI aumenten en la atmósfera, están todos ellos relacionados con las actividades humanas de manera directa o indirecta, pero siempre presentándose el ser humano como principal generador de estos. Entonces se observa que las actividades productoras de GEI que dan como resultados en su mayoría dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se muestran en la siguiente lista, presentándose así como el primer gas de efecto invernadero por su porcentaje en relación con otros, sin embargo, este no es el que tiene mayor potencial de calentamiento.

- El consumo de combustibles fósiles.
- La deforestación.
- La producción de electricidad.
- La producción de cemento.
- El transporte.
- Los rellenos sanitarios.

### III.III México en el ámbito Internacional.

Estos datos nos posicionan a nivel mundial como uno de los principales emisores de GEI referenciados a emisiones de CO<sub>2</sub>, y aunque México no se encuentre dentro de los países Anexo I, si está obligado por el Protocolo de Kioto y la UNFCCC a realizar actividades para cumplir con el Artículo 4.1 a)<sup>3</sup> y b)<sup>4</sup> de dicha Convención. La cual determina lo siguiente:

- La elaboración y actualización periódica de Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto invernadero (GEI).
- Estudios de mitigación de GEI.
- Estudios de vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático.
- Elaboración de Comunicaciones Nacionales.

Bajo los principios fundamentales del Protocolo que orientan a su aplicación:

- Equidad y responsabilidad común pero diferenciada.
- Precaución.
- Principio de derecho al desarrollo de las Partes.

---

<sup>3</sup> Artículo 4 punto 1 sección a de la UNFCCC.

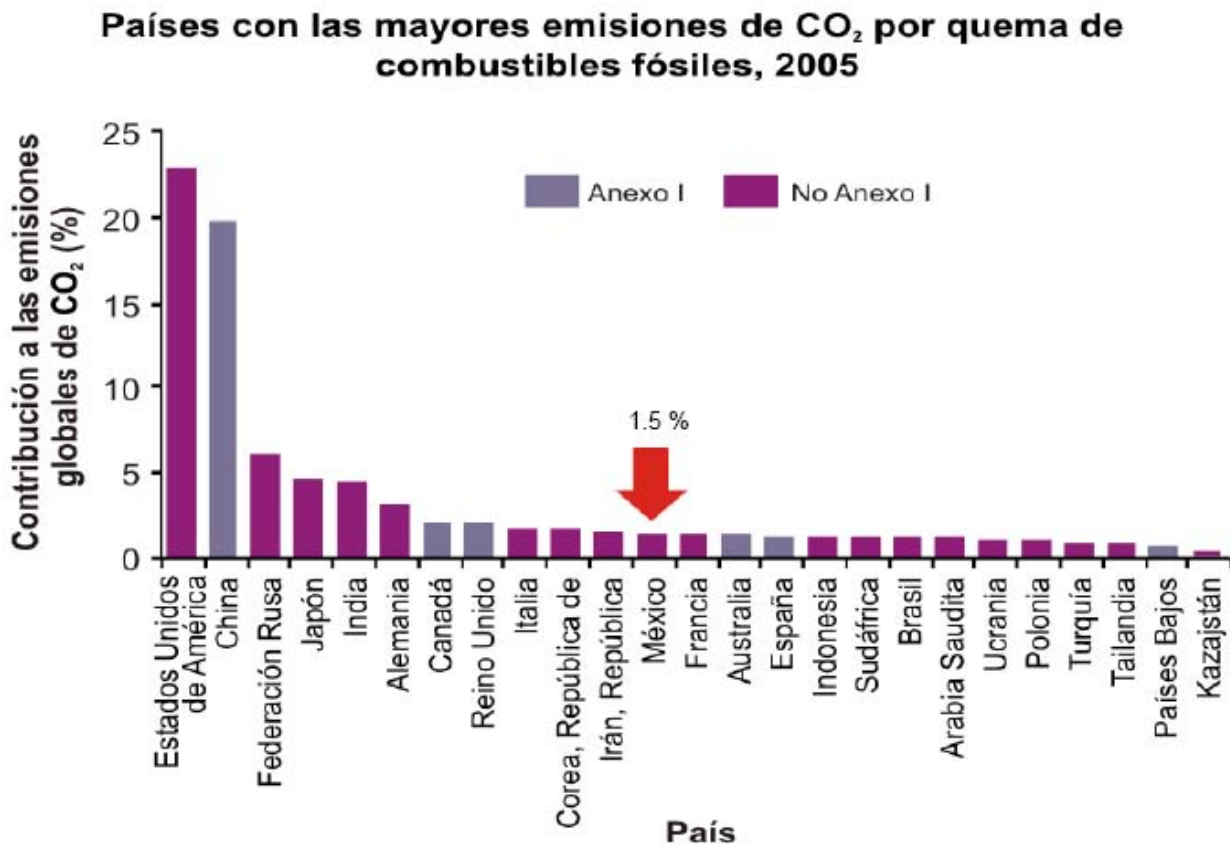
<sup>4</sup> Artículo 4 punto 1 sección b de la UNFCCC.



Además de estar obligado de manera moral a disminuir nuestras emisiones de GEI para poder mitigar el Cambio Climático es decir regirse por el hecho de que existe una necesaria participación de todos, pero de manera diferenciada ya que los desafíos para reducir las emisiones de GEI son diferentes para los países desarrollados y los países en desarrollo, aunque a su vez compartimos el mismo planeta y no se puede pensar en mantener nuestra porción de atmósfera limpia y libre de contaminantes o penalizar a los países industrializados ya que si bien es cierto que ellos generan las mayores concentraciones de GEI nosotros también utilizamos y adquirimos bienes que ellos producen de los cuales nos vemos beneficiados, por tanto es necesario crear conciencia de que vivimos en un solo planeta y lo compartimos entre todos, y así saber que es responsabilidad de nosotros cambiar la situación para mitigar el cambio climático y tomar acciones en conjunto que nos faciliten llegar a nuestro objetivo.

La grafica (tabla 3.2) muestra a los principales países emisores de CO<sub>2</sub> a nivel mundial en la cual se observa que México contribuye con un 1.5% del total de las emisiones a pesar de no ser un país Anexo I.

Tabla 3.2. Principales países emisores de GEI.<sup>5</sup>



<sup>5</sup> Fuente :International Energy Agency. Key World Energy Statics. 2007.



### III.III.I La contribución del sector privado a las emisiones de gases de efecto invernadero en México.

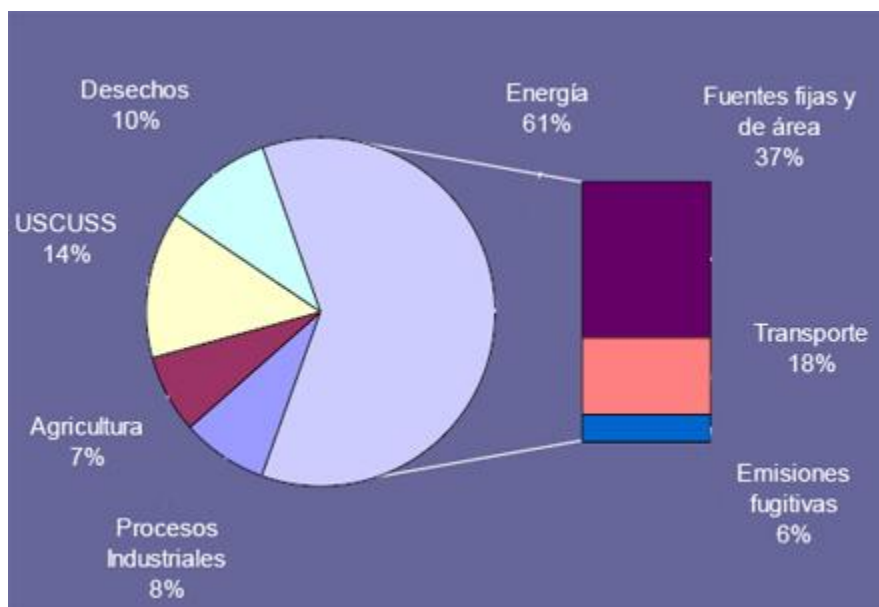
De acuerdo con el inventario Nacional de Emisiones de GEI de México, en 2002, las emisiones de GEI fueron de 553 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y registran un incremento de 30% comparadas con 1990.

Los principales gases, son el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub>, los cuales tuvieron un incremento de 28 y 34% en 1990 y 2002, respectivamente. El CO<sub>2</sub> constituye en promedio 72% de las emisiones anuales, el CH<sub>4</sub> 25%, el NO<sub>2</sub> 2% y los gases fluorados 1%.

#### *Distribución del Sector Energético por rubros.*

a) Generación de electricidad.	24%
b) Uso de combustibles fósiles en el sector Manufacturero, e industria de la construcción.	8%
c) Transportes.	18%
d) Sector comercial, residencial y agrícola.	5%
e) Emisiones fugitivas de metano durante la Conducción y distribución del gas natural.	6%
	61%

Tabla 3.3. Fuentes de emisiones de GEI.<sup>6</sup>



<sup>6</sup> Fuente: INE 2002.



### **III.III II Escenarios para incentivar la reducción de emisiones de GEI en torno de los proyectos MDL en México.**

Las acciones de respuesta ante el Cambio Climático no competen únicamente a países industrializados, este fenómeno de carácter global requiere de la colaboración a nivel local, regional, y de esta manera se asume la responsabilidad en la contribución de emisiones de GEI. Cabe señalar que México es el país latinoamericano que emite la mayor cantidad de GEI, y a nivel mundial ocupa el noveno lugar con 673 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

#### **III.III.III Compromisos de México ante la UNFCCC.**

México al haber ratificado el Protocolo de Kioto y ser parte de la Convención Marco (UNFCCC) adquiere los siguientes compromisos, que como bien habíamos mencionado no son cuantitativos.

- Investigar las consideraciones políticas, sociales, económicas y ambientales sobre el cambio climático con el objetivo de minimizar los efectos adversos.
- Preparar medidas de adaptación para enfrentar el cambio climático.
- Elaborar periódicamente Comunicaciones Nacionales.
- Elaborar y actualizar Inventarios Nacionales de GEI.

Con la finalidad de participar en proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) que establece el Protocolo de Kioto, en enero de 2004 se construye el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de gases de efecto invernadero<sup>7</sup>, quién funge como Autoridad Nacional Designada para revisar y aprobar proyectos que se integren al MDL.

#### **1. Comunicados Nacionales.**

Los Comunicados Nacionales se presentan ante la UNFCCC y son informes cuyo objetivo fundamental es brindar una visión general del cambio climático con circunstancias nacionales. La UNFCCC estableció que el primer Comunicado Nacional debía entregarse tres años después de que el Protocolo de Kioto fuera aprobado, por lo que México entregó su primer comunicado nacional en el año de 1997.

---

<sup>7</sup> Posteriormente Comité intersecretarial sobre el Cambio Climático.



## 2. Inventarios Nacionales.

Los inventarios permiten identificar y cuantificar las principales fuentes y sumideros de GEI, estos han sido incluidos en las Comunicaciones Nacionales. Ahora se cuenta con un página de internet<sup>8</sup> en donde se pueden consultar las tablas de la base de datos de la emisiones de GEI, principalmente los siguientes gases: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los cuales están disponibles para los años 1994,1996 y 1998.

### III.IV Los Mecanismos de Desarrollo Limpio y el Medio Ambiente.

#### III.IV.I ¿Qué son los Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)?

Las partes incluidas en el Anexo I deberán asegurarse, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero no excedan de las cantidades atribuidas a ella, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignadas para ellas en el Anexo I, con miras a reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5.2% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

Cada una de las Partes incluidas en el Anexo I deberá poder demostrar para el año 2005 un avance concreto en el cumplimiento de sus compromisos contraídos en virtud del Protocolo.

No obstante, el Protocolo de Kioto tuvo el carácter de una declaración de intenciones, y debía ser ratificado por los países firmantes, dado que el control de las emisiones implica un complicado mecanismo que abarca desde compromisos políticos hasta inversiones en tecnologías “limpias” que representan cuantiosas cifras.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es un procedimiento contemplado en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, que establece que los países desarrollados (incluidas en el Anexo I) pueden financiar proyectos de mitigación de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de países en desarrollo, como es el caso de México, logrando en estos un desarrollo sustentable y contribuyendo al objetivo último de la Convención, además de recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones (CER) aplicables a cumplir con su compromiso limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

---

<sup>8</sup> <http://www.ine.gob.mx>



En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio, las partes no incluidas en el Anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de emisiones. Al mismo tiempo, las Partes incluidas en el Anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones (CER) resultantes de esas actividades de proyectos para cumplir con su compromiso de reducción propio, conforme lo determine la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las partes en el presente Protocolo.

El mecanismo de desarrollo limpio estará sujeto a la autoridad y la dirección de la conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo y a la supervisión de una junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.

La reducción de emisiones resultantes de cada actividad del proyecto deberá ser certificada por las Entidades Operacionales que designe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo sobre la base de:

- a) La participación voluntaria acordada por cada Parte participante;
- b) Unos beneficios reales, medibles y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático; y
- c) Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad del proyecto certificada.

Podrán participar en el Mecanismo de Desarrollo Limpio y en la adquisición de unidades certificadas de reducción de emisiones, entidades privadas o públicas, y esa participación quedará sujeta a las directrices que imparta la junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.

Las reducciones certificadas de emisiones que se obtengan en el período comprendido entre el año 2000 y el comienzo del primer período de compromisos podrán utilizarse para contribuir al cumplimiento en el primer período de compromisos.

### **III.IV.II Aplicaciones de MDL.**

Las “Mecanismos de Desarrollo Limpio” (MDL) definen las iniciativas para cumplir con los objetivos de Kioto, como la reducción de emisiones por eficiencia energética o inversiones en tecnologías menos contaminantes. Existen otras posibilidades como la compra de derechos de emisión o inversiones limpias en terceros países, ya que las emisiones de gases de efecto invernadero afectan a la atmósfera mundial y, por ende no importa el lugar donde se logren las reducciones. Estos mecanismos brindan a los países en desarrollo una nueva oportunidad de captar inversiones y beneficiarse de la adquisición de tecnologías compatibles con el desarrollo



sostenible; se estima que en el futuro este financiamiento significara 10,000 millones de dólares anuales.

El mercado mundial de carbono comprenden las reducciones de emisiones a través de transacciones por proyectos donde un comprador adquiere reducción de emisiones de gases, y el intercambio de permisos de emisión asignados por la fijación de topes por el plan Europeo de Comercio de Emisiones. El marco regulatorio se ha consolidado con la puesta en marcha del sistema europeo en enero de 2005 y la entrada en vigor del Protocolo de Kioto el 16 de febrero de 2005.

El crecimiento del mercado es inobjetable ya que en el 2006 se intercambiaron 560 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono lo que representa 3.9 billones de euros, y en el 2007, 550 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono que representa 4.3 billones de euros.

Los MDL pueden ser propiciados por empresas o gobiernos, por organismos internacionales o mediante la intermediación de bancos. El Banco mundial se ha mostrado muy atractivo, así como los gobiernos europeos y empresas japonesas.

Europa representa hoy el 60% del volumen de “reducciones de emisiones” por transacciones basadas en proyectos, contra el 21% de Japón y el 4% de Canadá. La oferta de reducciones de emisiones está concentrada en pocos países particularmente China el más grande proveedor en el mercado.

Treinta y cinco países en desarrollo han concretado proyectos de reducción de emisiones desde el 2001. Los tres más grandes ofertantes (China, India, Brasil) representan más del 70% del total. La reducción de hidrofluorocarbono (potente contaminante en la industria química) es el proyecto predominante hasta ahora (25% del mercado).

Los proyectos que capturan metano y óxido nitroso de desechos animales se ubican en segundo lugar (18%), por encima de los proyectos de energía hidroeléctrica, bioenergía y captación de gas de residuos urbanos (11% cada uno). La energía eólica representa el 7% y la forestación el 4% del total negociado.

Las reducciones de emisiones se comercializaron entre 14 y 32 euros por tonelada de dióxido de carbono en diciembre de 2008. Este comercio corresponde a contratos donde una parte paga a otra por determinada cantidad de emisiones de gases invernadero que el vendedor se compromete a reducir y que el comprador puede utilizar para cumplir con sus obligaciones de mitigación ambiental. Los pagos pueden efectuarse en efectivo, acciones o la provisión de tecnologías para reducir la contaminación.





La demanda de este mercado viene creciendo, con nuevos compradores que ingresan al mercado. La capitalización de los fondos financieros de carbono a nivel mundial ha aumentado de aproximadamente 275 millones de dólares en 2004 a cerca de 1000 millones en 2005. Existen los siguientes fondos: el Fondo de Carbono del Banco mundial, el Fondo de Carbono para el Desarrollo Comunitario, el Fondo de Biocarbono, el Fondo Italiano de Carbono, el Fondo Español de Carbono, el Fondo Danés de Carbono y el Centro de pruebas de la Región del Mar Báltico (Baltic Sea Region Testing Ground Facility).

Puede estimarse que el valor de los contratos en el 2004 fue casi 600 millones, mientras el valor de las transacciones celebradas desde 1998 es de 1,400 millones de dólares. La creciente liquidez en este nuevo mercado está dada por el hecho que las empresas ya realizan transacciones secundarias, vendiendo parte de sus carteras a otros compradores. Grandes órdenes de compra por parte de empresas europeas y japonesas (tanto estatales como privadas) demuestran que existe una gran demanda en el MDL.

La metodología de cálculo de las emisiones debe ser auditada por una entidad independiente designada por el Comité Ejecutivo para el Mecanismo de Desarrollo Limpio, organismo encargado de la emisión de las Reducciones Certificadas de Emisiones CER. Para ser aprobados por el Comité, los proyectos deben ser “adicionales”, esto es, generar una reducción de emisiones superior a la que se produciría de no implementarse el MDL. Por lo tanto, los proyectos elegibles serán aquellos que sustituyan instalaciones emisoras por otras con tecnologías menos contaminantes.

Los siguientes son algunos de los proyectos ya aprobados en América Latina: Forestación de 23,000 hectáreas con eucaliptos en Minas Gerais, el financiamiento por carbono incrementó la rentabilidad de esta inversión del 5 al 12% anual. Centrales hidroeléctricas en Chile y Colombia, así como eólica en este país, captación de metano de los residuos domiciliarios y generación eléctrica en Guadalajara, Salinas Victoria, Monterrey y León (México); la rentabilidad de estos proyectos se duplica por los créditos de carbono. Captación de metano de residuos en Maldonado (Uruguay) y Olavarría (Buenos Aires). Y otras avanzadas iniciativas similares de Rio de Janeiro, Pernambuco, Porto Alegre, Lima, Querétaro, Montevideo y Villa Dominico (CEAMSE), entre otros.

La aparición de nuevos actores, la gran demanda hacia fondos de carbono y el surgimiento de sofisticados instrumentos para el comercio de permisos son signos de la presencia de una nueva forma de financiamiento global.



### **III.IV.III La filosofía de los Mecanismos de Desarrollo Limpio.**

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) previstos en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, abren la posibilidad del surgimiento del denominado “Mercado Internacional de Carbono”, en tanto permite a los países del Anexo I dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de reducción de emisiones netas de GEI para mitigar el impacto del cambio climático, a través de la adquisición de CERs alcanzadas mediante la implementación de proyectos orientados a este fin en los países no incluidos en el Anexo I.

El MDL crea, precisamente, la posibilidad y la oportunidad de que México se inserte en el mercado de carbono ofertando proyectos de mitigación, en busca de inversionistas interesados; en proyectos que, conforme al principio de provecho mutuo, tengan como objetivo; la búsqueda de la maximización de los dos intereses involucrados en esta transacción: es decir, ofertar al inversionista el máximo posible de emisiones de carbono reducidas o evitadas, o de carbono secuestrado, por unidad de capital invertido, que él podrá aplicar al cumplimiento de sus obligaciones, y simultáneamente, deberán presentar la máxima contribución posible, por unidad de inversión, al desarrollo sustentable del país.

Para México, que tiene importantes potenciales de secuestro y reducción de emisiones, las posibilidades para participar con ventaja en dicho mercado estarán dadas fundamentalmente por la posibilidad de entrar a competir en el mismo con proyectos de alta calidad, los cuales tendrán que reunir con similares características en su oferta de servicios ambientales.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es esencialmente una Implementación Conjunta entre un país donante con un compromiso (País Anexo I) y un país huésped sin compromiso (No Anexo I). En otras palabras, los países desarrollados pagan para realizar proyectos que se llevan a cabo en países en desarrollo. Bajo el artículo 12, los proyectos deben generar “Reducciones Certificadas de Emisiones” (Certified Emission Reductions CER) que el país donante puede utilizar para cumplir sus compromisos de emisión.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite a los países del Anexo I utilizar créditos obtenidos de las actividades realizadas con participación de países No Anexo I para cumplir “una parte” de sus obligaciones bajo el Artículo 3 del Protocolo de Kioto. Los proyectos certificables necesitan cumplir tres criterios generales (artículo 12.sección 5):

- 1) Participación voluntaria de cada Parte.
- 2) Producir “beneficios reales, mensurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático”.
- 3) Producir reducciones en emisiones “que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada”.



### III.IV.IV Oportunidades en el Mercado internacional del Carbono.

Dado que México no está obligado a cumplir con cuotas nacionales de reducción de gases de efecto invernadero, su potencial crece en la medida que diversas naciones industrializadas buscan compensar sus propias emisiones.

De acuerdo con el Banco Mexicano de Comercio Exterior (Bancomext), México emite al aire 643 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> al año es decir el potencial es inmenso.

Y puesto que se han aprobado proyectos que representan reducción por 17 millones de toneladas por la Junta Ejecutiva de las Naciones Unidas, que certifica las iniciativas para dar forma al Mercado de bonos de carbono las oportunidades de México crecen en buena manera.

Previendo la situación de incumplimiento de países Anexo I dentro del Protocolo de Kioto, los países firmantes adoptaron al CO<sub>2</sub> como gas equivalente, calculando a partir de los seis gases potenciales de calentamiento atmosférico para obtener una cifra única, midiéndose respecto a una línea base, ya sea la de 1990 o 1995, dependiendo de los compromisos de las partes de la Convención. A continuación se presenta (figura 3.1) la relación entre los países “huésped” de los MDL, las transacciones que se realizan para que los países Anexo I obtengan los certificados y cubran sus cuotas en función del Protocolo de Kioto.

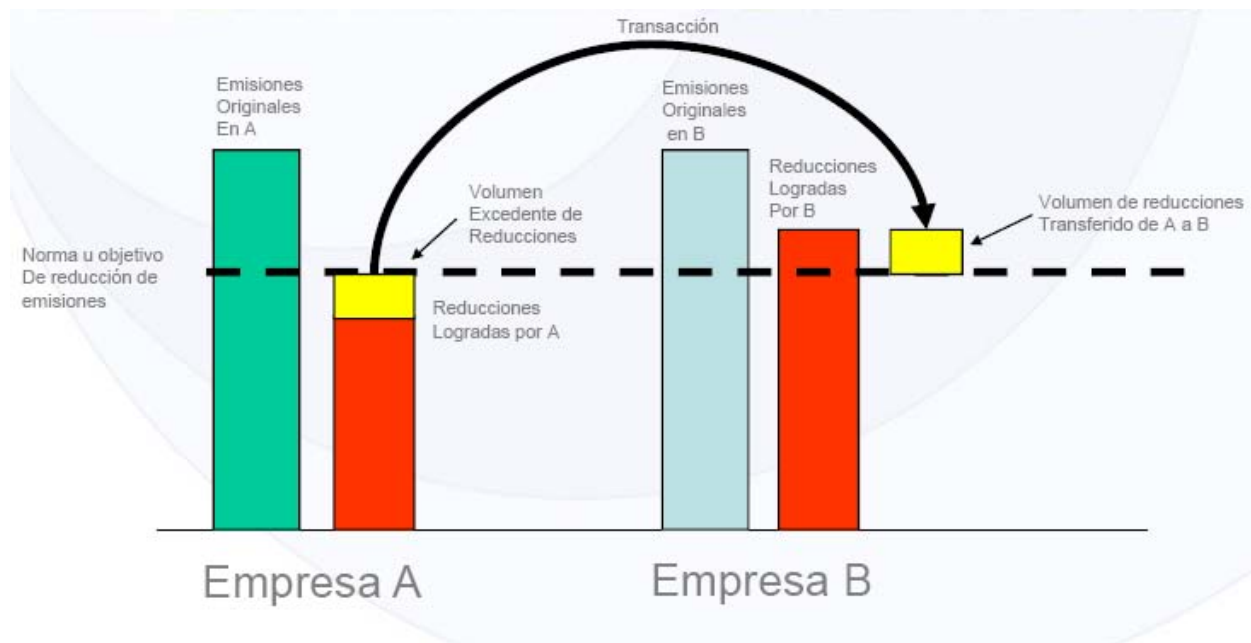


Figura 3.1. Intercambio de CER.

La compra de derechos de emisión o inversiones limpias de países “Anexo I” brindan a los países en desarrollo una nueva oportunidad de captar inversiones y beneficiarse de la adquisición de tecnologías compatibles con el desarrollo sustentable (figura 3.2).

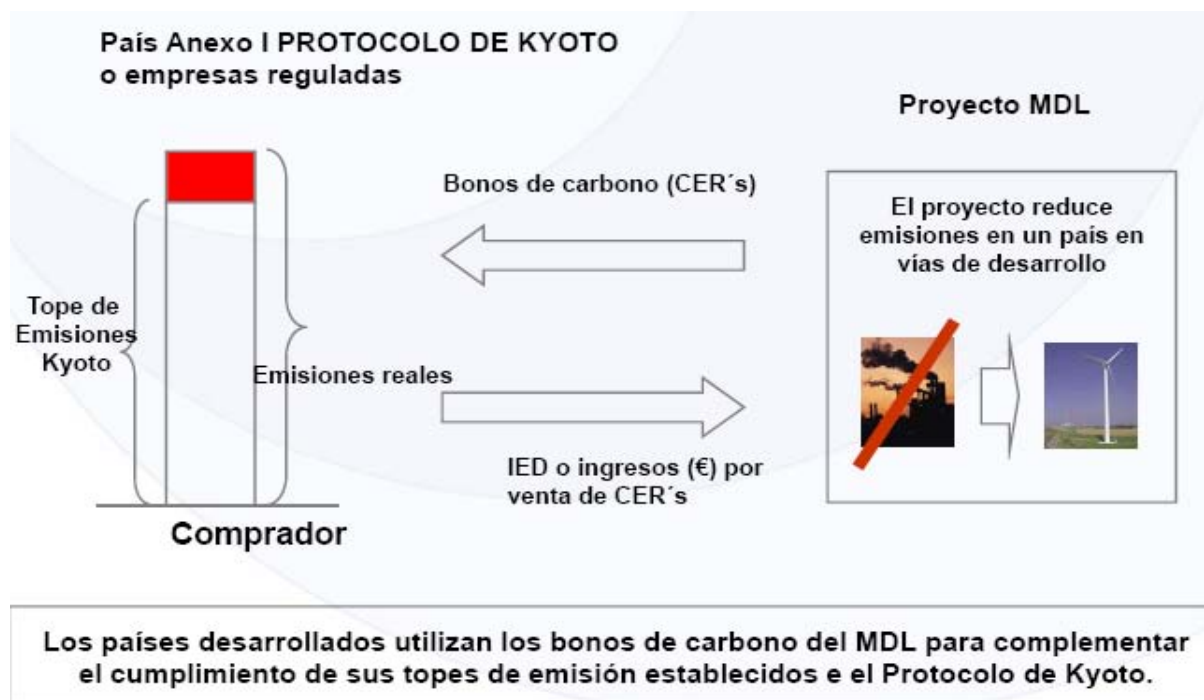


Figura 3.2. Intercambio de CER.

### III.IV.V Tipos de proyectos de MDL factibles de acuerdo al Protocolo de Kioto.

Los proyectos que se pretenden implementar como MDL deben cumplir con ciertas especificaciones dentro del marco de actividades y tecnologías necesarias para que se consideren dentro del esquema de MDL.<sup>9</sup>

A pesar de que el Protocolo de Kioto no especifica parámetros para definir y clasificar a un MDL. Existen reglas establecidas por el Consejo Ejecutivo del MDL que señalan las siguientes categorías autorizadas para el desarrollo de proyectos MDL:

- 1) Industrias energéticas (renovables/ no renovables).
- 2) Distribución de energía.
- 3) Demanda de energía.
- 4) Industrias manufactureras.
- 5) Industrias químicas.
- 6) Construcción.
- 7) Transporte.
- 8) Minas/ producción mineral.
- 9) Producción metalúrgica.

<sup>9</sup> Capítulo 2. Características de un MDL.



- 10) Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural).
- 11) Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre.
- 12) Uso de solventes.
- 13) Disposición y manejo de desechos.
- 14) Forestación y reforestación.
- 15) Agricultura.

### III.V El Mercado internacional de los Bonos de Carbono.

En el Mercado internacional de derechos de emisión de GEI, se negocia con Reducciones Certificadas de Emisiones (CER)<sup>10</sup>, obtenidas por la implementación de proyectos MDL las cuales se venden a países pertenecientes al Anexo I que tienen la obligación cuantificada de reducir sus emisiones de GEI.

#### III.V.I Tipo de Mercado.<sup>11</sup>

Todas las operaciones de compra-venta en el comercio de bonos de carbono están regidas por un contrato entre el comprador y el vendedor.

No hay un valor “oficial” sobre el precio de una tonelada de CO<sub>2</sub> reducida o no emitida. Aunque algunas agencias multilaterales han establecido ciertos precios para los proyectos de reducción de emisiones financiados por ellas mismas (por ejemplo, hasta 2005 el Banco Mundial emplea un precio de 5 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente no emitida), el precio de la tonelada está sujeta a oferta y demanda de bonos de carbono en el mercado.

Dado que existen diferentes esquemas para el comercio de los bonos y diferentes sitios del mundo donde se pueden comprar y vender, pueden existir precios diferentes por cada tonelada de CO<sub>2</sub>.

Por ejemplo:

- **Chicago Climate Exchange:** en operación desde diciembre del 2003 (tabla 3.4): el precio ha fluctuado desde 0.90 hasta los 7.50 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>.<sup>12</sup>
- **European Climate Exchange Carbon:** en operación desde abril del 2005 (tabla 3.5): el precio ha fluctuado entre 6.40 y 19.70 euros por tonelada de CO<sub>2</sub>.<sup>13</sup>

<sup>10</sup> CER. Características y definición dadas en el capítulo 2

<sup>11</sup> Capítulo 2. Mercados de carbono.

<sup>12</sup> Chicago Climate Exchange. Datos junio de 2009.



Ejemplos de gráficas de precio y volúmenes de Ton de CO<sub>2</sub> comercializados en EEUU y la Unión Europea.

Tabla 3.4. Historia de precios de CER. Fuente: Chicago Climate Exchange 2009.

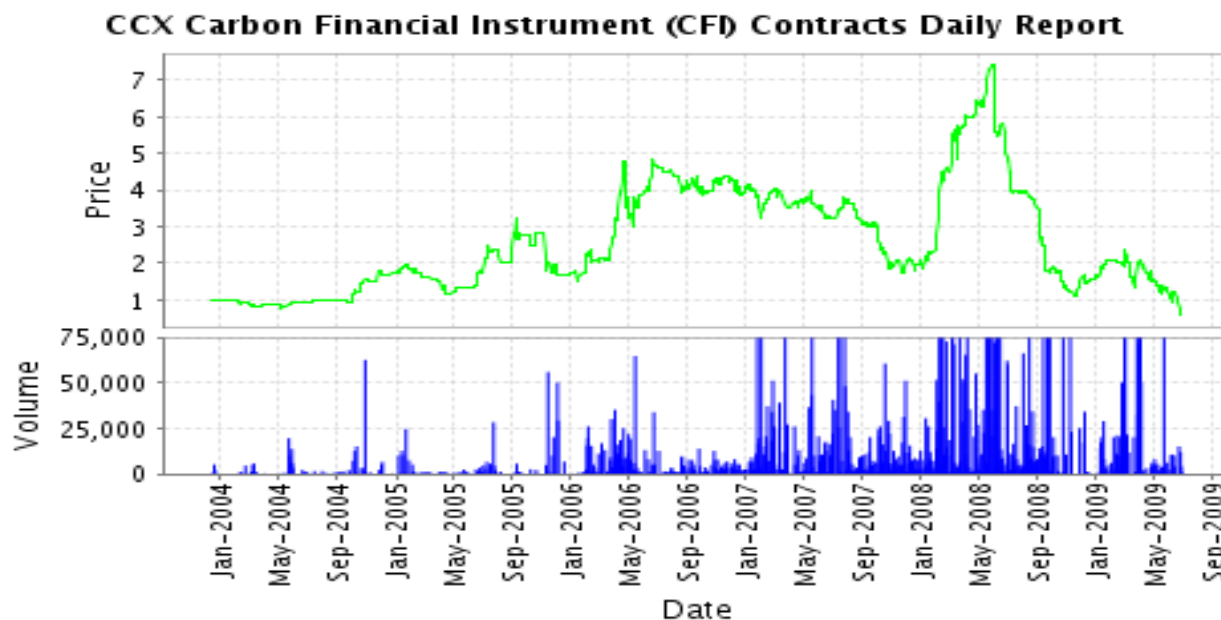
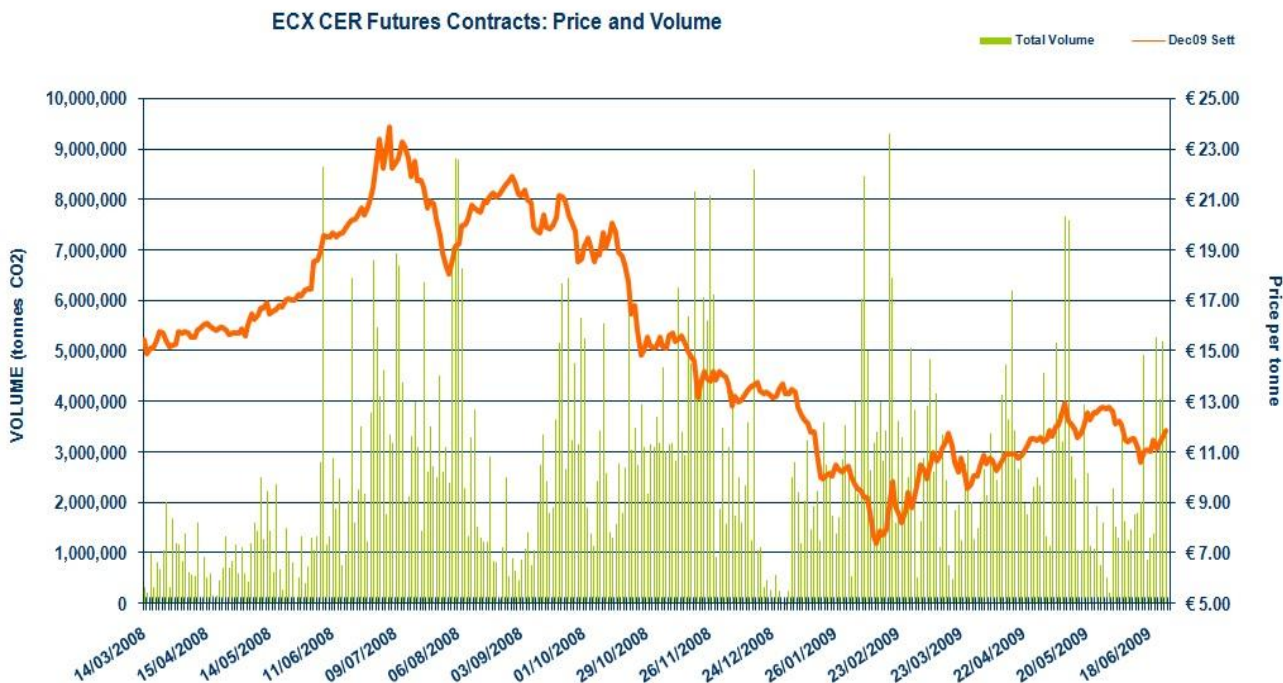


Tabla 3.5. Historial de precios de CER. Fuente: European Climate Exchange 2009.



<sup>13</sup> European Climate Exchange. Datos junio de 2009.



### III.V.II Sistema de comercio de GEI.

La mayoría de las transacciones se realizan entre privados (OTC), mientras que las transacciones que se realizan en mercados formales son limitadas y recién están empezando a tomar relevancia. Un ejemplo de transacciones OTC son los Acuerdos de Compra de Reducción de Emisiones (Emission Reduction Purchase Agreement ERPA).

#### **OTC**

La negociación Over The Counter se define como negociar con instrumentos financieros (acciones, bonos, materias primas, swaps<sup>14</sup> o derivados de crédito) directamente entre dos partes. Este tipo de negociación se realiza fuera del ámbito de los mercados organizados.

Un contrato OTC es un contrato bilateral<sup>15</sup> en el cual las dos partes se ponen de acuerdo sobre las modalidades de liquidación del instrumento. Normalmente es entre un banco de inversión y el cliente directamente. Los derivados OTC negociados entre instituciones financieras suelen tomar como marco las cláusulas del International Swaps and Derivates Association (ISDA).<sup>16</sup>

#### **ERPA.**

Emissions Reductions Purchase Agreement o Acuerdo de Compra de Reducción de Emisiones.

Por lo general, en un contrato ERPA, el dueño del proyecto se compromete a venderle a la contraparte (comprador) una determinada cantidad de CER en momentos, precios y condiciones definidos en el contrato.

Los precios acordados en cada ERPA son información privada (ya que son contratos OTC) y varían según las condiciones otorgadas en el contrato y los riesgos intrínsecos del proyecto.

Como se menciono anteriormente, el precio de las CER depende de la inclusión o no, de ciertas restricciones en el contrato ERPA. A continuación se muestran las cláusulas o restricciones más generales dentro de estos contratos, ya que cada uno es específico de quienes los efectúan.

- Falla en la entrega y garantía de entrega.
- Fuerza mayor.
- Anticipos de Fondos.

<sup>14</sup> El Swap es un contrato mediante el cual ambas partes acuerdan intercambiar flujos de efectivo sobre un cierto principal intervalos regulares de tiempo durante un período dado.

<sup>15</sup> Capítulo 2. tipos de contratos.

<sup>16</sup> Asociación internacional de Swaps y derivados.



- Opción Call.
- Opción Put.

### ***Falla en la entrega y garantía de entrega.***

Se produce cuando el dueño del proyecto por motivos diferentes a la fuerza mayor no entrega en tiempo las CER comprometidos.

- Esto puede originar multas o la obligación del proponente de salir a comprar CER a precio de mercado.
- La presencia de esta cláusula, aumenta el precio pactado del CER.

### ***Fuerza Mayor.***

- Excepciones en las cuales la falla en entrega y/o la garantía de entrega no tiene vigencia.
- Se determinan una serie de eventos que se incluyen en una cláusula del contrato.
- Baja el precio acordado para el CER.

### ***Anticipos de Fondos.***

- El comprador acuerda anticipar un porcentaje determinado de las CER al ser producidos, con el objeto de financiar parte de la inversión del dueño del proyecto.
- Cuanto mayor sea el anticipo, menor será el precio pactado de las CER.

### ***Opción CALL.***

- Es el derecho (no la obligación) que se reserva el comprador, de adquirir cualquier otro CER adicional que el proyecto produzca a un precio determinado en el contrato.
- La inclusión de esta cláusula aumenta el precio de las CER.

### ***Opción PUT.***

- Es el derecho (no la obligación) que se reserva el proponente, de vender cualquier CER adicional que el proyecto produzca a un precio determinado en el contrato.
- La inclusión de esta cláusula disminuirá el precio del CER.





### III.V.III Importancia Financiera de los bonos de carbono.

Dentro de los beneficios importantes que se tienen en el Mercado de Bonos de Carbono para los países que se integren a éste, existen algunos que son más atractivos que otros para México, los cuales siendo los de mayor interés se muestran a continuación.

- Corriente de ingresos para nuevas inversiones y mejorar la rentabilidad de los proyectos (ERPA por sus siglas en inglés)<sup>17</sup>.
- Elemento valiosos en la estructuración financiera de proyectos.
- Pueden usarse como colateral o garantía financiera de proyectos.
- En ocasiones pueden por si mismos pagar proyectos con beneficios ambientales y económicos considerables (BOOT).
- Son capaces de financiar infraestructura asociada al desarrollo de proyectos (ejemplo: líneas de transmisión).
- Respaldan a los proyectos (legitimidad).

#### *Riesgos en el Mercado de CER.*

- Riesgo en metodologías (adicionalidad<sup>18</sup>, rendimiento en CER, costo de monitoreo<sup>19</sup>), sectores y tecnologías.
- Riesgos específicos de cada proyecto.
- International Transaction Log<sup>20</sup>, del cual dependerá la transferencia real de CER entre distintas cuentas y por tanto el comercio de emisiones.
- Riesgos por cambios en las regulaciones nacionales (políticas sectoriales y ambientales, fiscales, distribución de regalías y otros controles posibles).

#### *Precio y riesgo de los CER.*

En la figura 3.3 se muestra la relación existente entre el riesgo y el precio de las CER, esto es, cuanto más riesgo se corre en poder desarrollar el proyecto MDL, se incrementará el precio de las CER, además de las cláusulas del contrato en cuestión.

<sup>17</sup> Emissions Reduction Purchase Agreement o Acuerdo de Compra de Reducción de Emisiones.

<sup>18</sup> Definido en el capítulo 2. Desarrollo de un MDL.

<sup>19</sup> Definido en el capítulo 2. Desarrollo de un MDL.

<sup>20</sup> Registro de Transacción Internacional.



Ya que el precio final se estima de acuerdo al Comercio de Emisiones de la Unión Europea (ETS).<sup>21</sup>

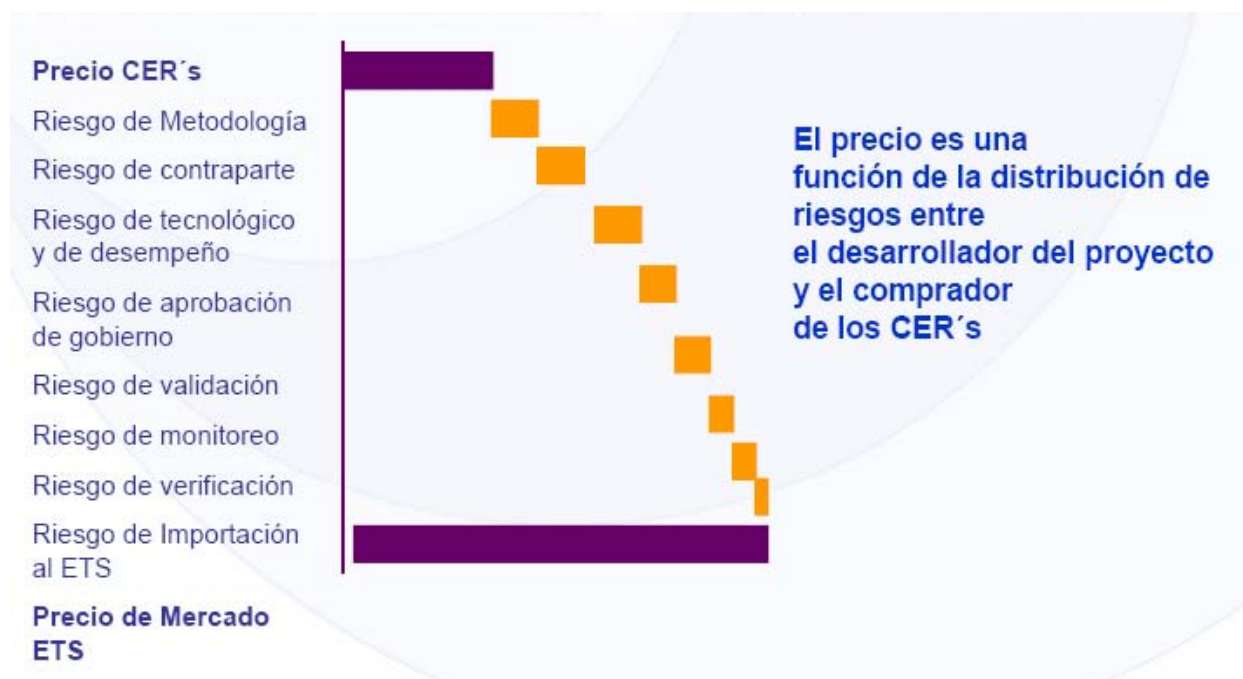


Figura 3.3. Componentes de los CER.<sup>22</sup>

### III.VI.COMEGEI.

El Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto invernadero (COMEGEI), creado el 23 de enero de 2004, es un grupo de trabajo dentro de la estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

Esta Comisión, creada mediante un decreto presidencial el 24 de abril de 2005, funge como Autoridad Nacional Designada de México ante la Convención. Entre sus atribuciones figura la responsabilidad de identificar oportunidades, facilitar y aprobar la realización de proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos Mexicanos, para la cual cuenta con el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto invernadero.

La Comisión cuenta con un Secretario Técnico a cargo de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). La Comisión está integrada además por representantes de las siguientes dependencias:

<sup>21</sup> Comercio de emisiones de la Unión Europea por sus siglas en ingles. Emission Trading Scheme.

<sup>22</sup> Ecoscurities.



- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Secretaría de Energía.
- Secretaría de Economía.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Secretaría de Desarrollo Social.
- Secretaría de Relaciones Exteriores.

Las funciones de la Comisión son, entre otras:

- Fungir como Autoridad Nacional Designada<sup>23</sup> para fines relativos a la UNFCCC y el Protocolo de Kioto.
- Emitir la carta de aprobación para proyectos de reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero, dando constancia de que los mismos promueven el desarrollo sustentable del país.
- Promover y facilitar el desarrollo de proyectos.
- Desarrollar funciones de registro de proyectos, así como de reducciones y de captura de gases de efecto invernadero.
- Promover la suscripción de memorandos de entendimiento y acuerdos de colaboración en asuntos relativos a proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En función de su naturaleza y atribuciones, la Comisión es el principal vínculo en el país entre las entidades interesadas en desarrollar un proyecto, el gobierno federal y la Convención. En su Decreto de Creación se reconoce que los proyectos MDL “podrían aportar el ingreso de fondos adicionales a sectores estratégicos y actividades prioritarias del país, así como construir vías para la transferencia de tecnologías adecuadas”.

### **III.VI.I Programa GEI México.**

El programa GEI México es un programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero. Los participantes del programa entre los que se incluyen empresas mexicanas y multinacionales reciben la capacitación, el apoyo y las herramientas necesarias que les permitan calcular sus emisiones de GEI, conforme a los estándares reconocidos a nivel

---

<sup>23</sup> AND Definida por el Protocolo de Kioto. Capítulo 2.



internacional. Los participantes llevarán a cabo un inventario anual de sus emisiones de GEI y publicarán sus informes del programa en la página electrónica de Instituto Nacional de Ecología<sup>24</sup>.

### *Proyectos MDL México.*

Hasta mediados de octubre de 2007 la cartera del COMEGEI, con cartas de no objeción y cartas de aprobación, consiste en los siguientes proyectos mexicanos de MDL (tabla 3.4) con cartas de aprobación:

**Tabla 3.4. Proyectos MDL en México.**<sup>25</sup>

Tipo de Proyectos	Núm. Proyectos	Ubicación	Reducciones de CO2 equivalente (Ktons/año)
<b>MANEJO DE RESIDUOS EN GRANJAS PORCÍCOLAS</b>	<b>88</b>	AGS., CHIH., CHIS., COAH., DGO., EDO. MEX., GTO., JAL., MICH., NL., NAY., PUE., QRO., SIN., S.L.P., SON., OAX., TAMPS., VER., YUC.	<b>2,507</b>
<b>MANEJO DE RESIDUOS EN ESTABLOS DE GANADO VACUNO</b>	<b>55</b>	AGS., B.C., CHIH., COAH., GTO., DGO., JAL., N.L., PUE., QRO., SIN., TLAX.	<b>983</b>
<b>METANO DE RELLENOS SANITARIOS</b>	<b>14</b>	AGS., B.C., CHIH., DGO., EDO. MEX., GTO., JAL., MOR., N.L., SIN., YUC.	<b>1,968</b>
<b>MANEJO DE AGUAS RESIDUALES</b>	<b>3</b>	SON., OAX., PUE.	<b>36</b>
<b>ENERGÍA EÓLICA</b>	<b>8</b>	B.C. y OAX.	<b>2,264</b>
<b>HIDROELÉCTRICOS</b>	<b>5</b>	GRO., JAL., MICH., OAX. y VER.	<b>191</b>
<b>INCINERACIÓN HFC-23</b>	<b>1</b>	N.L.	<b>2,155</b>
<b>MITIGACIÓN DE N2O EN LA INDUSTRIA QUÍMICA</b>	<b>1</b>	VER.	<b>103</b>

<sup>24</sup> <http://www.ine.gob.mx>

<sup>25</sup> Fuente: COMEGEI 2007. Subsecretaría de planeación y política ambiental, SEMARNAT.



<b>COGENERACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	<b>11</b>	B.C., COAH., EDO. MEX., HGO., JAL., MICH., N.L., PUE., SIN., S.L.P., SON., TAB., TAMPS., Q. ROO., VER., YUC.	<b>696</b>
<b>EMISIONES FUGITIVAS</b>	<b>2</b>	COAH., VER.	<b>665</b>
<b>TRANSPORTE</b>	<b>1</b>	D.F.	<b>24</b>
<b>TOTAL</b>	<b>189</b>		<b>11,592</b>

De acuerdo a la tabla anterior México tiene registrados 189 proyectos de los cuales solo 11 son de cogeneración y eficiencia energética, esto es algo paradójico ya que, siendo nosotros un país productor de energéticos de tipo fósil, no hemos desarrollado programas, actividades y/o tecnologías que nos ayuden a maximizar la eficiencia de nuestras industrias, principalmente PEMEX, y por lo tanto tenemos un porcentaje relativo a fugas, mala eficiencia y otros factores que hacen que nuestra principal fuente de ingresos como la extracción de hidrocarburos se vea mermada y que no se aproveche al 100%, para esto es necesario observar nuestras empresas y determinar la oportunidad que tenemos en cada una de ellas para mitigar las emisiones de GEI, principalmente CO<sub>2</sub> y de esta forma reducir las emisiones y aprovechar las oportunidades que el mercado nos ofrece con respecto a los bonos de carbono.

En la siguiente tabla se muestra la incursión de México en el Mercado de Carbono, en el cual se puede observar que a pesar de tener un gran potencial con respecto a otros países los proyectos no se han registrado de acuerdo a los lineamientos o simplemente no son aprobados por la inexperiencia de las empresas en este tipo de proyectos, y una de las razones de mas peso también ha sido que tampoco se ha dado la difusión necesaria a este tipo de mecanismos y su incremento en los últimos años no sea muy significativo.

México ocupa el segundo lugar con respecto a Latinoamérica solo por debajo de Brasil su principal competidor de MDL (tabla 3.5) y de exportación de hidrocarburos, entonces si competimos en el mismo mercado casi con las mismas referencias ¿porque el porcentaje a nivel mundial es muy diferente? Lo importante no es cuestionar que hacen ellos para tener una contribución de alrededor del 10% en inclusión de MDL en el mundo, lo importante en este punto, es referirnos y hacer hincapié en que es lo que nosotros hemos dejado de hacer y cómo podemos incentivar a las empresas a desarrollar MDL en México y esperar una retribución que nos favorezca de manera económica a nosotros tanto como a los inversionistas y además de estos, que el más beneficiado de este tipo de proyectos sea el medio Ambiente y así hacer que nuestro planeta siga dándonos aquellos insumos a los que estamos acostumbrados para tener



una vida más cómoda, pero sin dejar de responsabilizarnos y tomar conciencia que si protegemos nuestro planeta, éste nos abastecerá de estos recursos.

### Volumen de Reducciones de Emisiones Certificadas (CER) esperado de proyectos registrados

1. China: 45 %

2. India: 16.3 %

3. Latinoamérica:

- Brasil: 10.14 %
- México: 3.82%
- Argentina: 2.28%
- Chile: 1.85%
- Ecuador: 0.26%
- Colombia: 0.25%

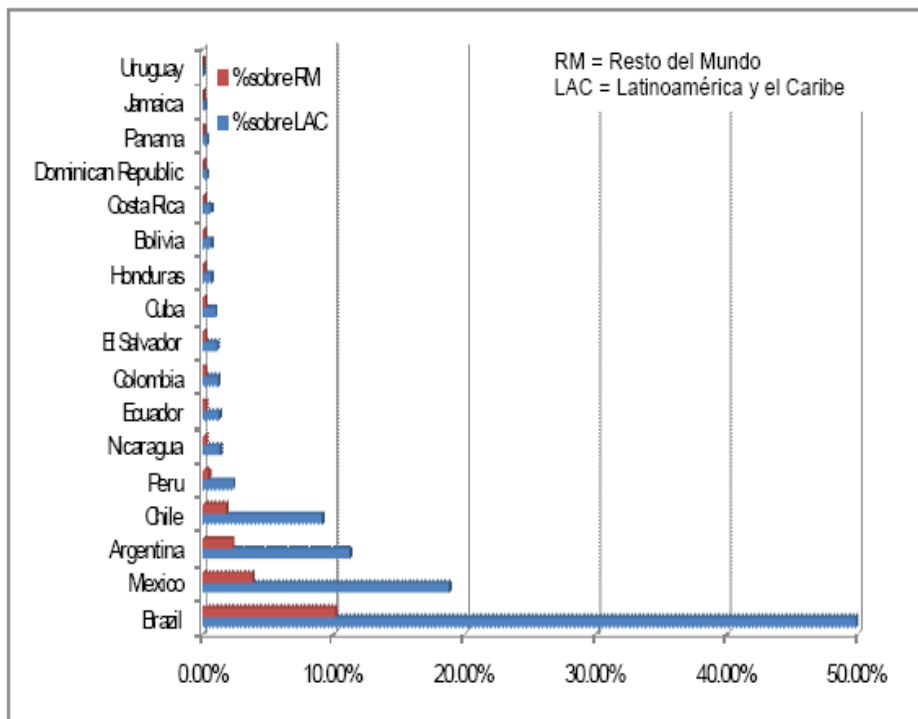


Figura 3.4. Proyectos registrados.<sup>26</sup>

Como país No Anexo I estamos obligados de forma moral a desarrollar MDL de gran competitividad para incursionar al mercado del carbono con más fuerza y además de ayudar a mitigar las emisiones, y así fortalecer nuestra economía, algunos de los puntos importantes que se deben de tomar en cuenta para promover los desarrollos de nuevos MDL son:

- Aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado de carbono para desarrollar proyectos ambientales.
- Identificar y promover actores locales de mercado junto con las redes de consultores expertos para fortalecer las ventajas competitivas de México en el mercado de carbono.
- Construir capacidades en los sectores (públicos y privados) a través de la participación y asistencia en proyectos y estudios de MDL.

Todo esto para poder abarcar cada uno de los rubros de los cuales está compuesta nuestra sociedad.

<sup>26</sup> Fuente: UNFCCC, statics section, 2007.



## **Capítulo IV**

### **IV.I Introducción.**

Las emisiones de efecto invernadero (GEI) constituyen en la actualidad una externalidad para la economía mexicana. Los sectores productivos y los agentes económicos responsables de estas emisiones no asumen todavía los costos ambientales, actuales y futuros que de ellas se derivan y que afectan tanto a México como al resto del mundo.

La mitigación del cambio climático, es decir, las acciones para la reducción de las emisiones que lo determinan no será sostenible sin una señal económica que la impulse. Los agentes económicos causantes de dichas emisiones deben empezar a asumir progresivamente los costos sociales presentes y futuros determinados por su actuación. En la medida en que aumentan dichos costos, los agentes económicos, públicos y privados, tendrán motivación para modificar sus estrategias de inversión y sus decisiones tecnológicas u organizativas. Estos costos se vuelven oportunidad cuando se trata de cooperar con entidades externas que necesitan hacer frente a obligaciones asumidas en el marco del régimen internacional de atención al cambio climático.

En México, así como en otros países en desarrollo, se han instrumentado ya algunas políticas y medidas económicas que tienden a la valoración específica del carbono. Cabe recordar la participación, muchas veces precursora de nuestro país en las “Actividades de Implementación Conjunta”, en el contexto de la Convención. A través de proyectos como “Ilumex”, centrado en el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de iluminación, siendo así como nuestro país recibió por primera vez una compensación económica por un beneficio ambiental global de índole climática.

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto representó un salto cualitativo en el proceso de valoración del carbono. Muchos agentes sociales tuvieron conocimiento del cambio climático, de los desafíos y oportunidades asociados, a raíz del interés suscitado por la entrada en operación del MDL. La implantación del MDL fue posible gracias a la constitución formal de la Autoridad Nacional Designada y a una nueva institucionalidad que inició trabajos de difusión y fomento de proyectos de mitigación. Un conjunto de acuerdos internacionales de cooperación, bilaterales o multilaterales, contribuyó a facilitar el proceso.

México en el desarrollo de proyectos MDL está posicionado en el 3er lugar mundial por los 11 proyectos registrados, 5 por las reducciones esperadas por año y 6 por la Reducciones



Certificadas de Emisiones. Calificadores internacionales posicionan a México como el 4o país no Anexo I con mejores perspectivas para la implementación de este tipo de proyectos.

A pesar de esto, no se puede hablar de grandes avances en cuanto a proyectos MDL, ya que no se cuenta con un esquema nacional de emisiones que involucre a todos los sectores y mucho menos a los precios del carbono en base al mercado internacional.

El escenario ideal para el desarrollo de una parte de nuestra economía en base a los MDL, es que se creé un esquema de cooperación internacional basado en enfoques sectoriales “sin riesgo” (no-lose) el cual podría acelerar la identificación de sectores económicos participantes y su incorporación anticipada a esquemas locales, regionales o internacionales de intercambio de bonos de carbono, dando lugar a una mejor planeación y desarrollo de los MDL a nivel nacional.

#### **IV.II Medidas de mitigación en el sector industrial.**

La actividad industrial constituye uno de los principales factores del desarrollo económico del país. Las industrias son intensivas consumidoras de energía, especialmente las siderúrgica, petroquímica, cementera, química y azucarera. A pesar de que el consumo de combustibles se redujo 1.1% anual, pasando de 957 PJ en 1998 a 895 PJ en 2004, se estima que en el período 2004-2014 el consumo de energéticos del sector industrial crecerá a una tasa alrededor de 2.3% anual y, de confirmarse este crecimiento, las emisiones anuales del sector alcanzarían 68 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en la próxima década solo en lo referente a consumo de energía.

#### **IV.III Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.**

El programa GEI-México de contabilidad y reporte de gases efecto invernadero se estableció en agosto de 2004 mediante la firma de un convenio de colaboración entre la SEMARNAT, el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD por sus siglas en inglés) y el instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés). A partir del 2006 se integra dentro de este convenio la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES, miembro regional del WBCSD) del Consejo Coordinador Empresarial (CCE).

México es el primer país no Anexo I en donde muchas importantes empresas han adoptado el Protocolo de contabilidad y reporte de emisiones propuesto por el WRI y el WRCSD, gracias al cual han desarrollado capacidades técnicas para estimar sus emisiones y elaborar los





inventarios correspondientes. La operación del programa se desarrolla conjuntamente entre la SEMARNAT y CESPEDES, y cuenta con asistencia técnica de WRI.

Actualmente, las empresas suscritas en el programa están en condiciones de identificar oportunidades de reducción de emisiones de GEI principalmente mejorando su eficiencia operativa en la generación y uso de energía y, por consiguiente, de elaborar estrategias para participar en los mercados internacionales de carbono.

Los beneficios que obtienen las empresas participantes en la elaboración de sus inventarios corporativos de GEI son:

- Evaluar su desempeño ambiental- climático y mejorar su gestión de GEI.
- Contar con elementos para el diseño de escenarios regulatorios, técnicos y económicos asociados a los GEI.
- Identificar oportunidades de reducción de GEI en el marco de sus actividades y procesos.
- Generar reportes públicos y participar en programas voluntarios.
- Desarrollar capacidades para participar en programas de reporte obligatorio.
- Acceder a mercados de Carbono; y
- Contar con el conocimiento a acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.

#### **IV.III.I Descripción del Programa<sup>1</sup>**

El programa proporcionará una plataforma de asistencia técnica para la elaboración de inventarios corporativos, la identificación, y la formulación de proyectos de reducción de emisiones de GEI que permitan formar las bases para el análisis ante futuros compromisos internacionales.

Hasta mayo de 2007, 45 empresas asentadas en México (Tabla 4.1), privadas y públicas así como multinacionales, han suscrito el programa; entre ellas PEMEX, así como la totalidad de la industria cementera y cervecera y un grupo representativo del sector del hierro y el acero.

Para ampliar la participación del sector industrial y hacer viables las diversas opciones voluntarias de reducción de emisiones de GEI, se requiere de un esfuerzo nacional coordinado, transversal, enfocado y comprometido para evaluar las áreas de oportunidad, así como para eliminar barreras que obstaculicen el desarrollo de actividades de mitigación que frenen la

---

<sup>1</sup> Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.



participación de sectores económicos que utilizan intensamente la energía. Se necesita reforzar el enfoque participativo con una mayor agilidad en las respuestas de las dependencias del gobierno a favor de las actividades ambientales programadas por las empresas.

#### IV.III.II Objetivos del Programa<sup>2</sup>

- Incorporar el programa a todos los sectores intensivos de energía, para que voluntariamente adopten esquemas de contabilidad y reportes confiables, homogéneos y compatibles con esquemas internacionales de estimación de emisiones de GEI.
- Promover la identificación e implementación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI y la participación en los mercados de carbono.
- Diseñar e implementar una plataforma de registro de GEI, que permita el reconocimiento de acciones voluntarias de reducción de emisiones.
- Identificar las mejores prácticas, tecnologías y lineamientos por sector, para evaluar e identificar las áreas de oportunidad de reducción en actividades industriales seleccionadas; y evaluar el potencial de reducción de las más importantes.

**Tabla 4.1 Empresas Participantes en el Programa GEI-México (mayo de 2007).<sup>3</sup>**

	<b>Empresas</b>	<b>Reporte 2005</b>
1	Altos Hornos de México, S.A de C.V.	Entregado
2	AMANCO México	Entregado
3	ANAJALSA Agroquímicos	
4	Boehringer Ingelheim Vetmedica, S.A de C.V	Entregado
5	Cappy & Associates Mex. S.A de C.V	
6	Caterpillar México, S.A de C.V	Entregado
7	Cementos La Farge	Entregado
8	Cementos Moctezuma	Entregado
9	CEMEX México	Entregado
10	Cerraduras TESA	Entregado
11	Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma	Entregado
12	Colgate Palmolive, S.A de C.V	
13	Cooperativa La Cruz Azul, S.C.L.	Entregado
14	DeAcero	
15	Ecofreeze Internacional, S.C de C.V	
16	Ford Motor Company, S.A de C.V	Entregado
17	Forestaciones Operativas de México, S.A de C.V	

<sup>2</sup> Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

<sup>3</sup> Fuente: Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, SEMARNAT.



18	Gas del Atlántico	
19	Grupo BIMBO, S.A de C.V	Entregado
20	Grupo Cementos de Chihuahua	Entregado
21	Grupo IMSA	
22	Grupo Modelo, S.A de C.V	Entregado
23	Grupo Porcícola Mexicano, S.A de C.V	Entregado
24	Hierro Recuperado, S.A de C.V	
25	Hitachi Global Storage Technologies Mexico, S.A de C.V	Entregado
26	Holcim-Asasco	Entregado
27	Honda de México, S.A de C.V	Entregado
28	Industrial John Deere	Entregado
29	Industrial Minera de México, S.A de C.V	
30	Industrias Peñoles, S.A de C.V	Entregado
31	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (Guadalajara)	Entregado
32	Johnson Controls	
33	Minera Autlan	Entregado
34	Mittal Steel Lázaro Cárdenas, S.A de C.V	Entregado
35	NHUMO	Entregado
36	Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Entregado
37	Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal	
38	S&C Electric Mexicana	
39	Siderurgica Lázaro Cárdenas las Truchas, S.A de C.V (SICARTSA)	Entregado
40	Siderurgica Tultitlan, S.A de C.V	Entregado
41	SIMEPRODE	Entregado
42	Sumitomo Corporativo	Entregado
43	Tetrapack	Entregado
44	Urbi Desarrollos Urbanos	
45	VITRO	

#### IV.IV Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR)

En el 2006 se creó el Fondo Mexicano del Carbono (FOMECAR) cuyo propósito es fomentar un mecanismo que apoye técnica y financieramente a proyectos en México que sean elegibles bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y posibles generadores de bonos de carbono.

FOMECAR cubre los costos de la gestión y el registro MDL de los proyectos previamente autorizados por su Comité Técnico. Algunos de los apoyos de FOMECAR consisten en el apoyo financiero para la elaboración de metodologías, elaboración de PIN's (Project Idea Notes)<sup>4</sup>, PDD's (Project Design Documents)<sup>5</sup>, validación, y registro de proyectos que potencialmente

<sup>4</sup> Idea de Proyecto.

<sup>5</sup> Documento de Diseño del Proyecto.



puedan generar bonos de carbono bajo el MDL u otros mercados alternativos como el mercado voluntario de los Estados Unidos.

La administración y operación de FOMECAR está a cargo de BANCOMEXT<sup>6</sup>, sin embargo son parte del Comité Técnico del mismo el propio BANCOMEXT, el centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C., así como SENER y SEMARNAT.

Además de apoyar proyectos, el Fondo Mexicano de Carbono está desarrollando esquemas programáticos MDL de cobertura nacional y/o sectorial que incluyen el desarrollo de proyectos de pequeña escala, que son ampliamente replicables. Estos programas contemplan: eficiencia energética, rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de agua, forestales y energía renovable, entre otros.

#### IV.IV.I Estrategias de FOMECAR<sup>7</sup>

- Fomentar los ingresos por medio de aportaciones nacionales internacionales, públicas y privadas al FOMECAR que contribuyan al logro de sus objetivos.
- Desarrollar el Mercado de bonos de Carbono de proyectos mexicanos a través de BANCOMEXT.
- Llevar a cabo la difusión de la cultura de reducción de emisiones de GEI y de desarrollo sustentable en el país a través de capacitación, seminarios y participación en foros.
- Contribuir técnica y financieramente en el desarrollo de capacidades técnicas nacionales, para que al menos dos centros de investigación puedan participar como validadores de proyectos MDL.
- Dar Apoyo técnico y financiero por parte de FOMECAR para realizar la gestión y registro de MDL ante la Junta Ejecutiva de las Naciones Unidas.

Considerando que es importante incluir las actividades de BANCOMEXT en el ámbito del cambio climático, este último determina y plantea lo siguiente:

Como complemento a las actividades del Fondo, BANCOMEXT ha implementado un programa de financiamiento para proyectos sustentables, contratando líneas de crédito para tal objeto con organismos multilaterales y bancos de desarrollo como serían, el Japan Bank International Cooperation (JBIC), el banco Alemán KfW y el Banco Europeo de Inversiones (BEI).

---

<sup>6</sup> Banco Mexicano de Comercio Exterior

<sup>7</sup> Programa FOMECAR.



Otro producto financiero de BANCOMEXT se encuentra desarrollando, se refiere a la Garantía Sustentable, que tiene como objetivo impulsar la participación de intermediarios financieros mexicanos en el apoyo a proyectos relacionados con la mitigación del cambio climático como la energía renovable, eficiencia energética, biocombustibles, etc. Esta garantía contara, en una primera etapa, con fondos de la Secretaría de Economía y del Banco Internacional de Desarrollo (BID).

A fin de ofrecer un servicio integral a los proyectos sustentables, no solo a través del fomento que realiza con FOMECAR y el financiamiento y garantía que otorgan a través de sus programas; BANCOMEXT ofrece su experiencia en los mercados internacionales para la comercialización de los bonos de carbono con el objeto de maximizar los ingresos para las empresas mexicanas.<sup>8</sup>

Para poder desarrollar un proyecto MDL con la participación del FOMECAR se deben de tomar en cuenta ciertos criterios que ayudaran a facilitar el proceso, para el cual es indispensable cuestionar cuales son los objetivos y metas que se esperan del desarrollo de un MDL. Además de tener en cuenta cuales son los tipos de proyecto que entran al esquema de FOMECAR.

#### **IV.IV.II ¿Qué se busca en un proyecto MDL?**

- Que reduzca o elimine la emisión de gases de efecto invernadero.
- Una adecuada gestión del medio ambiente.
- Que contribuya al desarrollo sustentable del país.
- Que cuente con viabilidad técnica.
- Que sea un proyecto financieramente viable.

#### **IV.IV.III Tipos de Proyecto MDL.**

- Energías renovables: hidroeléctrica, eólica, biomasa, solar.
- Eficiencia energética: Reingeniería de procesos, iluminación, potencia, eco tecnologías en vivienda, mejoramiento en plantas, cambio de combustible: Gasolina por gas natural, uso de biocombustibles.
- Gestión de residuos: Rellenos sanitarios y estiércol de granjas pecuarias.
- Proyectos forestales: Reforestación y forestación.
- Transporte: Nuevas tecnologías y cambio modal.

---

<sup>8</sup> Programa FOMECAR.



- Captura y aprovechamiento de emisiones fugitivas: Gas grisú de minas de carbón, captura y utilización de gas natural en la extracción del petróleo, secuestro de carbono.
- Captura y destrucción de Gases Industriales: Destrucción de Hidrofluorocarbono – 23

#### **IV.IV.IV Financiamiento a proyectos MDL, de energía renovable y de eficiencia energética.**

Bancomext y Nafin cuentan en la actualidad con líneas de crédito otorgadas por bancos de desarrollo de países industrializados para el financiamiento de proyectos MDL, de energía renovable y de eficiencia energética, lo que se traduce en un financiamiento altamente competitivo en comparación a otras fuentes de fondeo:

- Financiamiento a mediano y largo plazos.
- Tasa fija o variable.
- Amortizaciones de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- Monto máximo a financiar, de acuerdo a la estructura y necesidades de cada proyecto.

#### **IV.IV.V Programas financieros:**

- Financiamiento para proyectos sustentables con el fondeo preferencial de bancos de desarrollo.
- Garantía sustentable con fondos de la Secretaría de Economía y el BID.

Criterios de elegibilidad para anteproyectos (PINs) y elaboración de PDDs susceptibles a ser desarrollados como MDL.

- El proyecto deberá contar, preferentemente, con una metodología aprobada por la Junta Ejecutiva del MDL.
- Deberá presentar proyecciones de la posible generación de CER's, incluyendo descripción y estimación de las reducciones específicas de gases efecto invernadero del proyecto.
- Se deberá contar con evidencia de los permisos ya obtenidos para la elaboración del proyecto.

Además de esto se cuenta con algunas actividades de apoyo por parte del FOMECAR las cuales se muestran a continuación.

- Capacitación para empresas sobre proyectos MDL.
- Organización de talleres para la elaboración de anteproyectos (Project Idea Note "PIN")
- Asistencia para la obtención de financiamiento para el proyecto MDL.



- Pago del PIN y/o Documento de Diseño de Proyecto (Project Design Document “PDD”)
- Asesoría para la venta de Bonos de Carbono ó Reducciones Certificadas de Emisiones (Certified Emission Reduction “CER”).

El esquema de operación de un MDL por medio del financiamiento de FOMECAR involucra a diferentes actores y metodologías que se presentan en el siguiente recuadro y que funcionan de la siguiente manera:

### Esquema de apoyo de FOMECAR

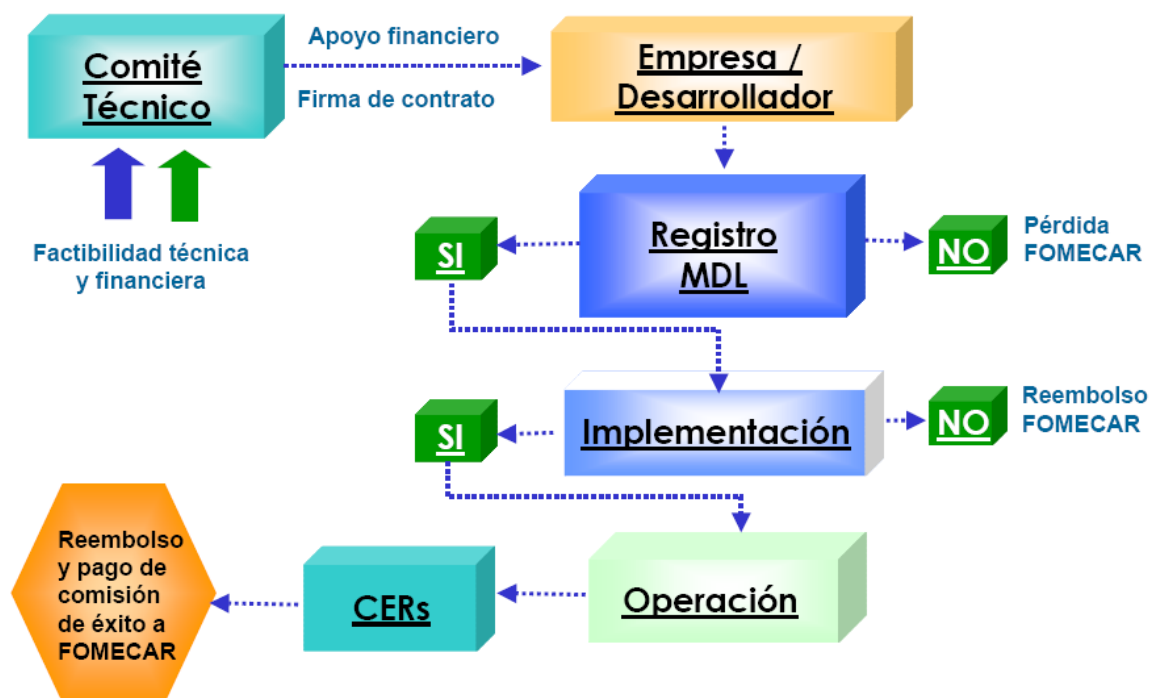


Figura 4.1. FOMECAR<sup>9</sup>

#### IV.IV.VI Proyectos Autorizados por FOMECAR

En la tabla 4.2 se muestran los proyectos que han sido autorizados para ser financiados por FOMECAR desde la creación de la misma, entre los participantes podemos observar a PEMEX como uno de los actores importantes debido a su gran potencial de reducción de emisiones, pero aun así solo se muestra un porcentaje relativamente bajo para esta industria.

<sup>9</sup> Fuente: Fondo Mexicano de Carbono. [www.fomecar.com.mx](http://www.fomecar.com.mx)

Tabla 4.2 proyectos en FOMECAR.<sup>10</sup>

Empresa	Descripción del proyecto	Inversión Estimada (USD mil.)	Bonos de Carbono (Anuales)
PEMEX	Construcción de una planta de Co-generación de energía eléctrica y vapor. Nuevo Pemex, Tabasco. Consultor: MGM International	330	940,000
MARECSA	Recuperación, separación, almacenamiento temporal de aceite crudo mediante tecnología mexicana (well testing service vessels - WTSV) en pozos petroleros. Consultor: CMP+L (Instituto Politécnico Nacional) <u>Segunda Solicitud</u> : Costos de Validación	72	600,000
CFE	Producción de vapor con energía solar (sustitución de combustóleo) CT Puerto Libertad, Sonora.	ND	112,000
CFE	Modernización de turbogeneradores para producir vapor, 180 RM Central Ciclo Combinado Huinalá Unidad 6. Pesquería, Nuevo León.	ND	302,000
Destiladora de Alcoholes y Mieles S.A. de C.V.	Instalación de dos biodigestores para producción de biogás a través del tratamiento anaeróbico de vinaza de alcohol y sustitución de combustóleo por biogás. Consultor: MGM International	10	75,000
FOMECAR	MDL Programático de Rellenos Sanitarios, elaboración del programa y del proyecto piloto. Consultor: Eco Securities	De 0.3 a 0.5 millones Réplica de 10 a 20 rellenos	De 300,000 a 600,000 (30,000 por relleno aprox.)

#### IV.IV.VII Proyectos Potenciales

De acuerdo al esquema de FOMECAR se han identificado los siguientes como proyectos potenciales debido a sus características como lo es principalmente la generación anual de Bonos de Carbono.

<sup>10</sup> Fuente: Fondo Mexicano de Carbono. [www.fomecar.com.mx](http://www.fomecar.com.mx)




**Tabla 4.3. Proyectos potenciales en FOMECAR.<sup>11</sup>**

SECTOR	PROYECTOS IDENTIFICADOS (número)	GENERACIÓN ANUAL DE BONOS DE CARBONO (millones)
Petróleo	19	2.885
Eléctrico	26	2.976
Rellenos Sanitarios	3	764
Forestal	2	1.110
Transporte	10	1.638
Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos	11	2018
Cemento	3	1.600
Biocombustibles	1	1.500
Vivienda	5	391
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>13.382</b>

#### IV.V Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007)

##### IV.V.I Implementación de la Convención en México.

México firmó la Convención en 1992 y la ratificó en 1993 con la aprobación del Senado de la República; asimismo, firmó el Protocolo de Kioto en 1997 y lo ratificó en 2000. Desde entonces, México ha desarrollado capacidades para cumplir los compromisos de la Convención en su calidad de Parte no Anexo I. La más reciente Comunicación Nacional y la actualización de INEGEI fueron publicadas en octubre de 2006.

Para fortalecer la implementación de la Convención, por acuerdo del ejecutivo federal el 25 de abril de 2005 fue creada la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) (figura 4.2), en calidad de órgano federal responsable de formular políticas y estrategias transversales de mitigación y adaptación. La convergencia de esfuerzos de las siete Secretarías miembros permanentes de la CICC en su Grupo de Trabajo para la Estrategia Nacional de Cambio Climático (GT-ENACC), con el apoyo especial del Consejo Consultivo de Cambio Climático (C4), permitió elaborar durante el primer trimestre de 2007 la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC).

<sup>11</sup> Fuente: Fondo Mexicano de Carbono. [www.fomecar.com.mx](http://www.fomecar.com.mx)

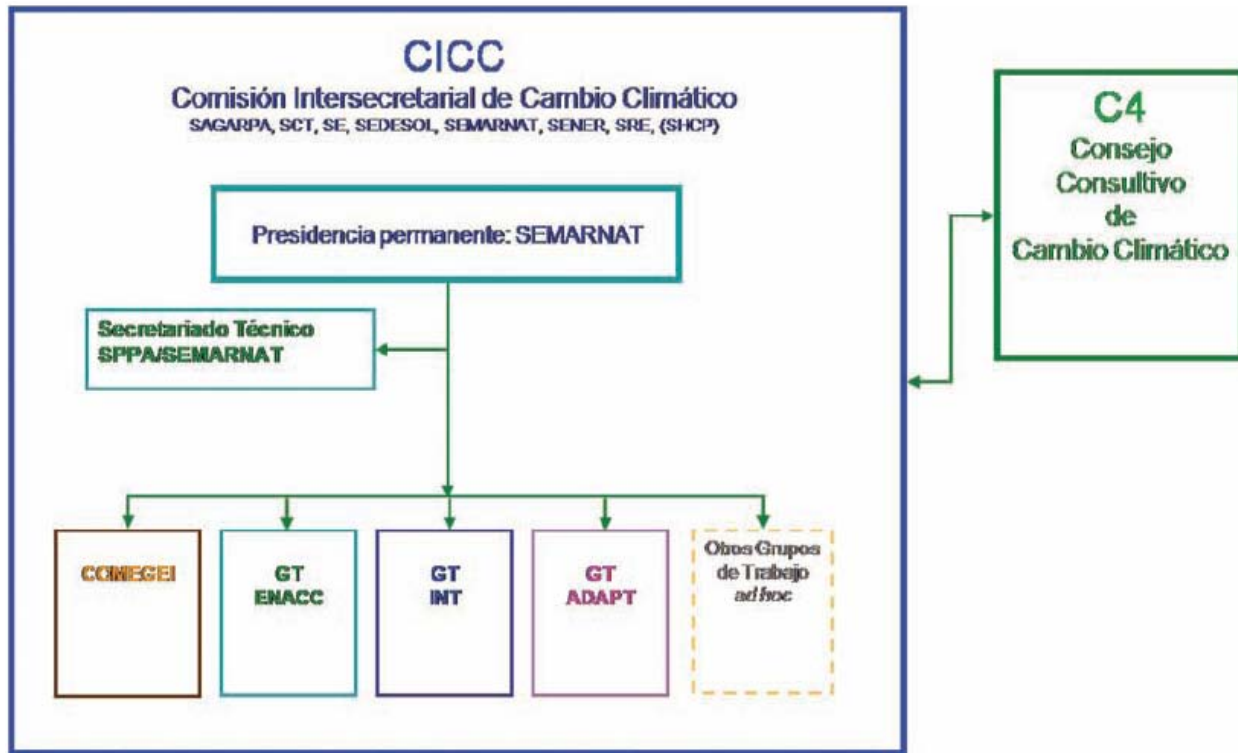


Figura 4.2. Estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.<sup>12</sup>

De acuerdo a la ENACC se persiguen diferentes fines dentro de los que destacan la generación y uso de energía que será el tema de interés para este proyecto en el cual se identifican oportunidades sectoriales y acciones específicas en materia de mitigación de GEI. Y que la ENACC menciona como:

#### IV.V.II Capítulo 2 “Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y oportunidades de mitigación.”<sup>13</sup>

##### Sección 2.1 Generación y uso de Energía.

“El objetivo general en materia de mitigación consiste en desacoplar el incremento de las emisiones del crecimiento económico. Se trata de reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, mediante patrones de generación y consumo de energía cada vez más eficientes y que dependan menos de la quema de combustibles fósiles.”<sup>14</sup>

<sup>12</sup> Fuente: Secretariado Técnico de la CICC, SEMARNAT.

<sup>13</sup> Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007.

<sup>14</sup> Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007.



### Sección 2.1.1 Contribución del uso de la energía a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Como lo muestra la más reciente actualización del inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), con base en datos hasta 2002, las emisiones de los subsectores de generación y uso de energía son las más significativas. En 2002 alcanzaron la cifra de 389.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e correspondiente al 61% del total nacional (tabla 4.4). Estas emisiones son originadas por la quema de combustibles fósiles y las emisiones fugitivas<sup>15</sup>, desglosándose por su origen de la siguiente forma: generación de energía (39%), transporte (30%), consumo de combustibles fósiles en la industria manufacturera y en la construcción (13%), consumo en los sectores residencial, comercial y agrícola (8%), y emisiones fugitivas de la industria petrolera y del carbón (10%).

**Tabla 4.4 ENACC<sup>16</sup>**

Emisiones en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente [MtCO <sub>2</sub> e] 1990 - 2002							
Categoría de Emisión	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
<b>1 Energía</b>	<b>312.027</b>	<b>321.836</b>	<b>342.900</b>	<b>349.431</b>	<b>394.129</b>	<b>398.627</b>	<b>389.497</b>
<b>1A Consumo de combustibles fósiles</b>	<b>279.864</b>	<b>291.046</b>	<b>308.932</b>	<b>311.197</b>	<b>351.760</b>	<b>356.796</b>	<b>350.414</b>
<b>1B Emisiones fugitivas</b>	<b>32.164</b>	<b>30.790</b>	<b>33.968</b>	<b>38.233</b>	<b>42.369</b>	<b>41.831</b>	<b>39.082</b>
<b>2 Procesos industriales</b>	<b>32.456</b>	<b>32.878</b>	<b>39.248</b>	<b>42.744</b>	<b>50.973</b>	<b>55.851</b>	<b>52.102</b>
<b>4 Agricultura</b>	<b>47.428</b>	<b>46.049</b>	<b>45.504</b>	<b>44.077</b>	<b>45.445</b>	<b>45.527</b>	<b>46.146</b>
<b>6 Desechos</b>	<b>33.357</b>	<b>36.935</b>	<b>46.862</b>	<b>52.895</b>	<b>62.656</b>	<b>63.220</b>	<b>65.585</b>
<b>Total sin USCUS</b>	<b>425.269</b>	<b>437.698</b>	<b>474.514</b>	<b>489.146</b>	<b>553.203</b>	<b>563.225</b>	<b>553.329</b>
<b>Total sin USCUS (Solo 2002)</b>							<b>643.183</b>

Categorías establecidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Se omiten emisiones de categoría [3], solventes o compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM) y [5], USCUS (89.9 millones de toneladas).

<sup>15</sup> Las emisiones fugitivas de metano se refieren a aquellas emisiones generadas en las actividades antes, durante y después del minado del carbón, así como las registradas en la producción, transmisión, almacenamiento y distribución de petróleo y gas natural.

<sup>16</sup> Fuente: INE 2006.



### **Sección 2.1.3 “Oportunidades de mitigación en generación y uso de energía.”**

#### **Apartado B. Inversión y Políticas en PEMEX.**

El último reporte de inventario de emisiones corporativas de GEI de PEMEX señala que su operación genera alrededor de 42.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, con lo que se contribuye en 6.5% al total de la emisiones nacionales. En materia prospectiva, se estima que los requerimientos de energía del sector petrolero crecerán a una tasa anual de 4.6% durante el período 2004-2012, debido especialmente a la demanda de combustóleo para refinación y de gas para la exploración y producción.

##### **a) Contabilidad y Reporte de Emisiones de GEI.**

PEMEX estableció un Sistema de Información para la Seguridad Industrial y la Protección Ambiental (SISPA) para estimar sus emisiones de contaminantes de GEI en 2001.

Además, forma parte del Programa Voluntario de Contabilidad y Reporte de Gases Efecto Invernadero (GEI-México), desde agosto del 2005. La participación de la paraestatal le ha permitido incrementar sus capacidades para la estimación de emisiones de GEI y la elaboración de sus inventarios.

##### **b) Proyectos para la Reducción de Emisiones.**

La contribución de la operación de PEMEX a las emisiones nacionales de GEI, así como el esperado crecimiento en sus requerimientos de energía, presentan importantes oportunidades para la instrumentación de proyectos de mitigación.

Es importante destacar que, en ausencia de una reforma fiscal cuya necesidad es cada vez más evidente, PEMEX es el principal proveedor de recursos al fisco nacional. En 2006, proporciono 39% de los ingresos programados en la Ley de Ingresos de la Federación<sup>17</sup>. Esta importante carga fiscal de PEMEX le dificulta liberar recursos para reinvertir en la empresa no sólo para mejorar su productividad y eficiencia energética, sino también para modernizar su infraestructura ante la creciente demanda de combustibles.

Ante el reto de enfrentar un escenario de escasos recursos disponibles, es necesario que PEMEX destine recursos de inversión para proyectos de mitigación, además de

---

<sup>17</sup> SHCP, 2006.



establecer programas anuales de reducción de emisiones para cada Subsidiaria y proponer proyectos que los soporten, de tal manera que se cuente con presupuesto e incentivos para asegurar su ejecución.

### ***Cogeneración.***

El fomento de la cogeneración en PEMEX tiene gran potencial para inducir un uso más eficiente de la energía a través de aprovechamiento de la energía residual como fuente secundaria y contribuir a la reducción de emisiones de GEI. Se estima que el potencial de cogeneración en PEMEX es cercano a los 2900 MW.

Este potencial de cogeneración se podría materializar con el establecimiento de una planta de cogeneración con capacidad de 1400 MW en el Sistema Nacional de Refinación. Actualmente existe un proyecto concreto de cogeneración de 300 MW en el Centro Procesador de Gas Nuevo PEMEX. El potencial de mitigación de la cogeneración en PEMEX se estima en 7.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e al año para el 2013.

La formulación e implementación de estos proyectos requiere de la combinación de las siguientes acciones:

- Incorporar al presupuesto de PEMEX los recursos financieros asignados a este rubro.
- Establecer un convenio entre CFE y PEMEX que autorice que los excedentes de electricidad generados por PEMEX puedan ser aprovechados en su totalidad.
- Establecer convenios con industrias conexas para aprovechar los excedentes de electricidad generada bajo la figura de autoconsumo y que las empresas privadas financien las inversiones necesarias para hacer posible la cogeneración.

### ***Suministro eléctrico centralizado para plataformas petroleras.***

La subsidiaria de PEMEX Exploración y Producción (PEMEX-PEP) cuenta con 192 plataformas petroleras en el Golfo de México; 11 de las cuales se encuentran en la Región Norte, 99 en la Región Marina Noreste y 82 en la Región Marina Suroeste. Estas plataformas emplean sistemas de turbinas a gas o motogeneradores a diesel para producir su electricidad.

Las plataformas que utilizan turbinas para generar electricidad consumen 25.2 millones de pies cúbico diarios de gas, en tanto que las plataformas que utilizan motogeneradores consumen 400 mil litros diarios de diesel. Todo esto equivale



alrededor de 2.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e emitidas al año. Por consiguiente existe una evidente oportunidad de mitigación, técnicamente viable.

#### ***Mejora del desempeño energético de la refinerías.***

Debido a su alto consumo de energía, las seis refinerías del país presentan importantes oportunidades de reducción de emisiones de GEI. La subsidiaria PEMEX Refinación se ha planteado como meta mejorar en 10% su actual índice de eficiencia energética.

Se propone mejorar el índice de eficiencia energética de las refinerías en el orden de 15% [en un rango del 12 a 17%] a fin de tener un potencial de mitigación en emisiones de alrededor de 2.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e hacia el año 2013.

#### ***Recuperación secundaria y captura geológica de carbono.***

El almacenamiento geológico de carbono consiste en la inyección de CO<sub>2</sub> a formaciones geológicas estables. Sin embargo, aun es vista por muchos grupos de opinión como una solución de alto riesgo ante la probabilidad de eventuales fugas ulteriores a la atmósfera del CO<sub>2</sub> confinado. Desde el punto de vista económico, es una alternativa todavía costosa<sup>18</sup>, pero si se obtienen ingresos por reducciones certificadas de emisiones del MDL, puede resultar atractiva económicamente en un futuro próximo y eficaz para reducir emisiones a gran escala.

La ENACC plantea explorar la factibilidad de la recuperación secundaria en yacimientos agotados o aún en producción pero con baja presión. La implementación de este tipo de proyectos ampliaría la oportunidad para mantener los niveles de producción petrolera al tiempo que se reducirán emisiones, y se abrirá oportunidades para obtener fondos adicionales por bonos de carbono. Se puede también aprovechar las posibles sinergias entre PEMEX y sectores como el eléctrico y el cementero, con el objeto de secuestrar emisiones de CO<sub>2</sub>e inyectarlas en los yacimientos.

Existe la propuesta de que México se mantenga a la vanguardia en la investigación y conocimientos de la captura y almacenamiento geológico de carbono. Ya que cobrara mayor importancia cuando sea más atractiva económicamente y mejor aceptada ambientalmente.

---

<sup>18</sup> Alrededor de 25 dólares por tonelada: Socolow, 2005.



**Reducción de emisiones fugitivas de metano.**

En relación con las emisiones fugitivas de metano asociadas a la producción de gas natural, PEMEX disminuyó considerablemente el gas enviado a quemadores y venteo gracias a la instalación de plataformas de tratamiento Akal C-8 en Akal C, del complejo Cantarell.

Las emisiones fugitivas de metano también constituyen importantes fuentes emisoras de GEI en las áreas de transporte y distribución de gas natural.

PEMEX participa en la alianza Metano a Mercados (M2M por sus siglas en inglés) conjuntamente con otros 18 países, y en la cual co-preside el Subcomité de Petróleo y Gas. Según estudios y mediciones realizadas con apoyo de esta iniciativa, existe un lato potencial de reducción de emisiones de metano por medio de la mejora de eficiencia de las subsidiaras de PEMEX Exploración y Producción y PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Se propone reducir las emisiones fugitivas asociadas a la producción, transporte y distribución de gas natural en el curso del período 2007-2012. PEMEX ha planteado la ejecución de proyectos MDL que tendrán un potencial de mitigación de emisiones de metano de 2.4 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>e (tabla 4.5).

**Tabla 4.5. Mitigación de emisiones de GEI al 2014, ENACC.<sup>19</sup>**

Oportunidades de mitigación de emisiones de GEI al 2014, en la Generación y Uso de Energía.		
TIPO DE ACTIVIDAD	PROPUESTA	REDUCCIONES ESTIMADAS MtCO <sub>2</sub> e por año
<b>EFICIENCIA ENERGETICA</b>		
Normas y programas de CONAE	Continuar la aplicación de las normas de eficiencia energética actuales y desarrollar e instrumentar nuevas normas	24.0
Ahorro y eficiencia energética del FIDE	Reforzar los programas del FIDE y promover nuevos programas	3.9
<b>PEMEX</b>		
Cogeneración en PEMEX	Instalar plantas de cogeneración en el Sistema Nacional de Refinación y en otras instalaciones de PEMEX	7.7

<sup>19</sup> Estrategia Nacional de Cambio Climático.



<b>Suministro eléctrico centralizado a las plataformas petroleras</b>	<b>Sustituir los equipos focales de generación por una planta de ciclo combinado con capacidad de 115 MW y conexión a plataformas</b>	<b>1.9</b>
<b>Mejora del desempeño energético en las refinerías</b>	<b>Incrementar la meta de eficiencia energética de PEMEX Refinación en cinco puntos porcentuales</b>	<b>2.7</b>
<b>Reducción de emisiones fugitivas de metano</b>	<b>Reducir las emisiones fugitivas asociadas a la producción, transporte y distribución de gas natural, así como incrementar la eficacia de los quemadores de las plataformas petroleras</b>	<b>2.4</b>

Para aprovechar las oportunidades de mitigación se requieren políticas públicas que consideren las líneas de acción entre las que haremos referencia a las que se encuentren relacionadas con la industria de los hidrocarburos, PEMEX.

Líneas de acción climática en la generación y uso de energía.

- 1) Establecer estándares de desempeño y líneas base de emisiones de GEI de las principales actividades y fuentes de emisiones en México.
- 2) Contabilizar las emisiones de GEI y plantear proyectos de reducción en las empresas públicas y privadas que utilicen el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) u otros mercados de carbono.
- 3) Realizar una valoración económica de los costos asociados al cambio climático y los beneficios derivados de las acciones para enfrentarlo, siguiendo el modelo del “informe Stern”
- 4) Establecer incentivos fiscales y financieros para concretar las inversiones en proyectos energéticos sustentables.
- 5) Diseñar e implementar acciones que permitan a PEMEX contar con recursos para mejorar su eficiencia energética.

Debido a los programas existentes y a los compromisos adquiridos dentro de la Convención<sup>20</sup> se desarrolló el Proyecto MDL del campo Tres Hermanos dentro de PEMEX que abarca todos los rubros antes mencionados, y a continuación se muestra el análisis para desarrollar el proyecto, los beneficios y barreras para su desarrollo.

<sup>20</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.





## Capítulo V

### V.I Introducción:

A lo largo de toda la cadena productiva de la empresa y alineado con sus valores, Petróleos Mexicanos contribuye al desarrollo de la nación mediante diversos canales, como la contribución fiscal, la derrama hacia los proveedores, contratistas y prestadores de servicios, los donativos hacia iniciativas de protección del medio ambiente, preservación de la biodiversidad, proyectos de cambio climático, desarrollo social comunitario y proyectos sociales.

Es por esto que PEMEX en línea con el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, el Programa Sectorial de Energía (PROSENER), el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como su Estrategia Institucional 2006- 2015 de Petróleos Mexicanos, la cual plantea acciones de Desarrollo Sustentable soportadas en tres ejes:

1. Captura de oportunidades operativas
2. Responsabilidad ambiental comunitaria
3. Sustentabilidad de las inversiones

Los criterios de sustentabilidad están en proceso de incorporación en los proyectos de inversión de la empresa, donde el objetivo es que los nuevos proyectos no deterioren las condiciones sociales, ambientales y económicas de las comunidades donde se desarrollan, por el contrario, se busca que los proyectos contribuyan a mejorar la situación actual de estas zonas por medio de acciones debidamente diagnosticadas y planeadas en el contexto de la estrategia del propio proyecto.

Adicionalmente, las empresas contratistas estarán comprometidas, a partir de una nueva cláusula que se incluirá en todos los contratos, a destinar un porcentaje del monto del proyecto para invertir en mejoras sociales y ambientales dentro de las comunidades y regiones del área de influencia. Dichos recursos se aplicarán con apego a reglas de operación diseñadas con el propósito de mejorar de forma integral los aspectos ambientales, sociales y económicos de la región, derivados del diagnóstico del proyecto.

Es por eso que: *“ como parte del mandato público que tiene PEMEX de satisfacer la demanda de combustibles del país, se están haciendo esfuerzos para que la oferta energética sea menos intensiva en gases de efecto invernadero. Por ello, durante 2008 PEMEX continuó con la instrumentación de diversos proyectos para reducir sus emisiones, entre las cuales se pueden destacar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética, cogeneración, reducción de*



*emisiones de metano, recuperación mejorada con CO<sub>2</sub> y reducción de la quema de gas. Algunos de estos proyectos se están gestionando bajo el esquema del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).*

*Y de manera complementaria, es necesario formular una nueva mecánica de evaluación de proyectos que incorpore el costo del carbono que generan las operaciones de PEMEX. Ello permitirá asignar de forma costo-efectiva recursos a las mejores alternativas de reducción.<sup>12</sup>*

## **V.II Convenios de colaboración con PEMEX.**

Durante 2007, PEMEX desarrolló un modelo de negocios generados por sus proyectos MDL, para garantizar las mejores condiciones para el Estado y dar transparencia a la comercialización de los Certificados de Reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero (CER, por sus siglas en inglés). Tal modelo está integrado por tres instrumentos legales y cuenta con una fórmula para la determinación de precios de los CERs, autorizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) desde 2008. Los instrumentos que se mencionan son:

- Convenio general de colaboración, que regula las actividades de identificación de proyectos potenciales con el apoyo de terceros
- Carta de intención, para el proceso de documentación y registro de proyectos ante la Junta Ejecutiva del MDL
- Acuerdo de compra – venta de CERs (ERPA, por siglas en inglés)

De acuerdo con los compromisos y estrategias actuales de PEMEX en materia de desarrollo sustentable y Cambio Climático, se presenta el siguiente documento “Análisis Costo-Beneficio Poza Rica PIDIREGAS (Tres Hermanos)” y la implementación de un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) convenido con la empresa Noruega Statoil, para su revisión, adicionalmente se analizará y evaluará en el capítulo siguiente.

## **V.III Análisis Costo-Beneficio Poza Rica PIDIREGAS<sup>2</sup> (Tres Hermanos).**

### **V.III.I Antecedentes:**

El proyecto Tres hermanos productor de aceite y gas, cuenta con una reserva 2P de 74.6 MMB de aceite y 92.4 MMMPC de gas natural. El proyecto Tres Hermanos incluye los campos Tres Hermanos, Temapache, Moralillo, Rancho Nuevo, Sur de Amatlán, Alazán, Toteco, Juan Felipe y Potrero de Llano, entre otros.

---

<sup>1</sup> Informe de Responsabilidad Social 2008. PEMEX.

<sup>2</sup> Proyecto de Infraestructura Productiva de Largo Plazo.



Actualmente, el gas manejado en el campo Tres Hermanos debido a que contiene un alto porcentaje de CO<sub>2</sub> no puede ser utilizado por lo que es enviado a la atmósfera, por lo que es muy importante la implantación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), para disminuir la emisión de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contribuir con el medio ambiente, así como mejorar la imagen de PEMEX ante la sociedad.

### V.III.II Objetivo:

Acelerar el ritmo de extracción de hidrocarburos de los campos maduros de aceite y gas localizados en las áreas de Poza Rica, San Andrés y Faja de Oro Terrestre, incorporando además los campos que conforman actualmente el Proyecto Tres Hermanos, optimizando la explotación de los yacimientos mediante diferentes alternativas. Las actividades principales son desarrollo de campos, sistemas artificiales de producción, recuperación secundaria y levantamiento sísmico 3D.

Esto permitirá acelerar la recuperación de la reserva remanente 2P que en conjunto es de 346.1 millones de barriles (MMB) de aceite y 363.9 miles de millones de pies cúbicos (MMMPC) de gas, de los cuales 271.5 MMB de aceite y 271.5 MMMPC de gas corresponden a Poza Rica y 74.6 MMB y 92.4 MMMPC a Tres Hermanos corresponden Poza Rica.

### V.III.III Alcance:

En el horizonte 2009 – 2023 el proyecto contempla la extracción de 281 MMB de aceite y 265 MMMPC de gas asociado de la reserva 2P (de los cuales 63MMB de aceite y 72 MMMPC de gas pertenecen al campo Tres Hermanos, lo cual representa el 84% y 78% de las reserva 2P de aceite y de gas respectivamente), para lo cual se tienen programadas las siguientes actividades (tabla 5.1).

**Tabla 5.1. Actividades programadas.**

Concepto	Poza Rica	Tres Hermanos
Pozos de desarrollo e intermitentes	35	63
Profundizaciones a pozos verticales productores	10	
Conversiones a bombeo mecánico	43	
reacondicionamiento de pozos inyectores	29	
Reentradas	47	
Cambios de intervalo	264	38
Sísmica 3D (Km <sup>2</sup> )	530	100



Oleoductos (Km)	146	
Gasoductos (Km)	32	33
Oleogasoductos (Km)	82	
Aprovechamiento de gas (MDL)		1

Asimismo, con la creación de la infraestructura de producción necesaria en el campo Tres Hermanos, evitara la quema de gas natural, registrando el proyecto como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) ante la organización de las Naciones Unidas.

En lo que se refiere a la producción de hidrocarburos, con la integración de los se pretende alcanzar una producción máxima de aceite de 75.6 miles de barriles diarios en 2011 y 71.3 millones de pies cúbicos diarios de gas natural en el año 2010, obteniéndose así una producción acumulada de 281 millones de barriles de aceite y 265 miles de millones de pies cúbicos de gas natural (tabla 5.2).

**Tabla 5.2. Producción acumulada.**

Concepto	Unidades	Poza rica	Tres Hermanos	Total
Aceite	MMB	219	63	281
Gas	MMMPC	194	72	265

**V.III.IV Producción:**

Se tienen 231 pozos productores y 3 pozos inyectores de agua congénita, de ellos 189 son fluyentes, 19 de bombeo mecánico y 23 de bombeo neumático. Los cuales aportan una producción de 10.7 Mbd y 14.1 MMPCD (al mes de mayo de 2009).

**V.III.V Infraestructura y pozos:**

En el proyecto Tres Hermanos el manejo, transporte y distribución de la producción de hidrocarburos se realiza a través de la siguiente infraestructura (tabla 5.3):

**Tabla 5.3. Infraestructura Tres Hermanos.**

Concepto	Unidades
Baterías de separación	2
Módulos	2
Bombas de aceite/ eléctricas	5
Bombas de aceite/ combustión interna	3
Separadores atmosféricos	2
Separadores horizontales	10



Separadores verticales	2
Separadores de alta	1
Gasoductos de BN	1
Líneas de inyección de BN	24
Líneas de descarga	126
Cabezal de recolección / Gas - Aceite	4
Cabezal de recolección / Gas	1
Oleogasoductos	1

Para lo cual se envía la producción del campo a la planta deshidratadora ubicada en la Ciudad de Naranjos, Ver. (figura 5.1) El aceite estabilizado es enviado a la Refinería Madero mediante un oleoducto.

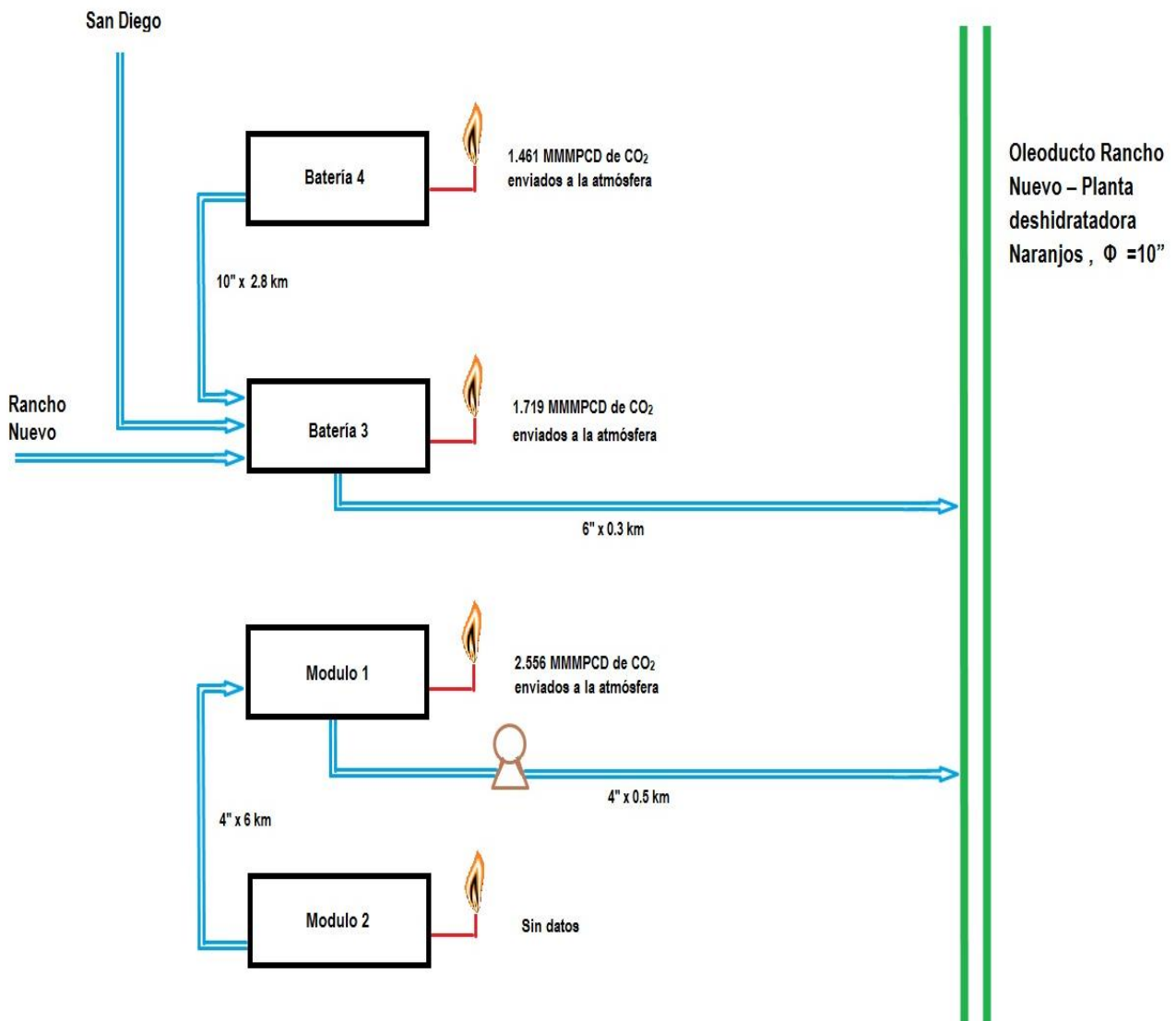


Figura 5.1: Distribución de las Baterías de separación en el campo Tres Hermanos.



## **V.IV Mecanismo de Desarrollo Limpio**

### ***V.IV.I Forma del Documento de Diseño de Proyecto (CDM-PDD)***

#### **V.IV.II *Contenido.***

- A. Descripción general de las actividades del proyecto.
- B. Aplicación de la metodología de monitoreo y línea base.
- C. Duración de las actividades del proyecto/ período de acreditación.
- D. Impactos ambientales
- E. Comentarios de Participantes.

#### **V.IV.III *Anexos***

Anexo 1: Información de contacto sobre los participantes en las actividades del proyecto.

Anexo 2: Información con respecto a la financiación pública.

Anexo 3: Información de la línea base

Anexo 4: Información del monitoreo.

#### **V.IV.IV Sección A. Descripción general de las actividades del proyecto.**

##### ***A.1 Título de las actividades del proyecto.***

Proyecto de Utilización y Recuperación de Gas en el Campo Tres Hermanos. Versión 01-08/05/2007.

##### ***A.2 Descripción de las actividades del proyecto.***

Las actividades del proyecto tienen como objetivo reducir las emisiones de GEI (principalmente dióxido de carbono y reducir en cierto punto las de metano) a través de la recuperación y utilización de gases hidrocarburos generados como producto de las actividades de producción de aceite. Este gas asociado consiste de aproximadamente 61% de CO<sub>2</sub> y 35% de hidrocarburos<sup>3</sup> que son quemados desde que el campo fue descubierto en 1959. PEMEX Exploración y Producción (PEP) involucra tres baterías de separación del campo Tres Hermanos, localizado en los municipios de Tantima y Tamalín, a 38 km de la Ciudad de Cerro Azul, en el Estado de Veracruz, México.

---

<sup>3</sup> 35% Metano.

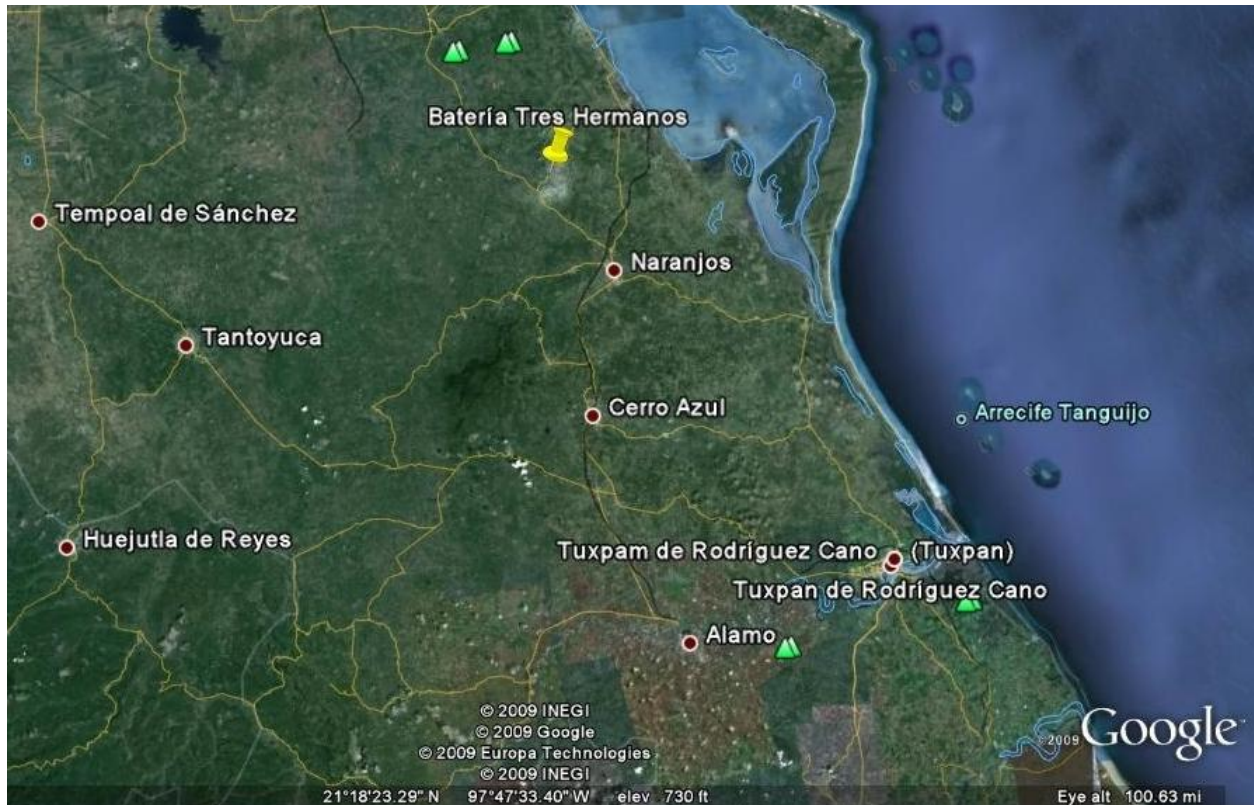


Figura 5.2. Localización de las baterías Tres Hermanos.



Figura 5.3. Distribución de las baterías de separación el campo Tres Hermanos.



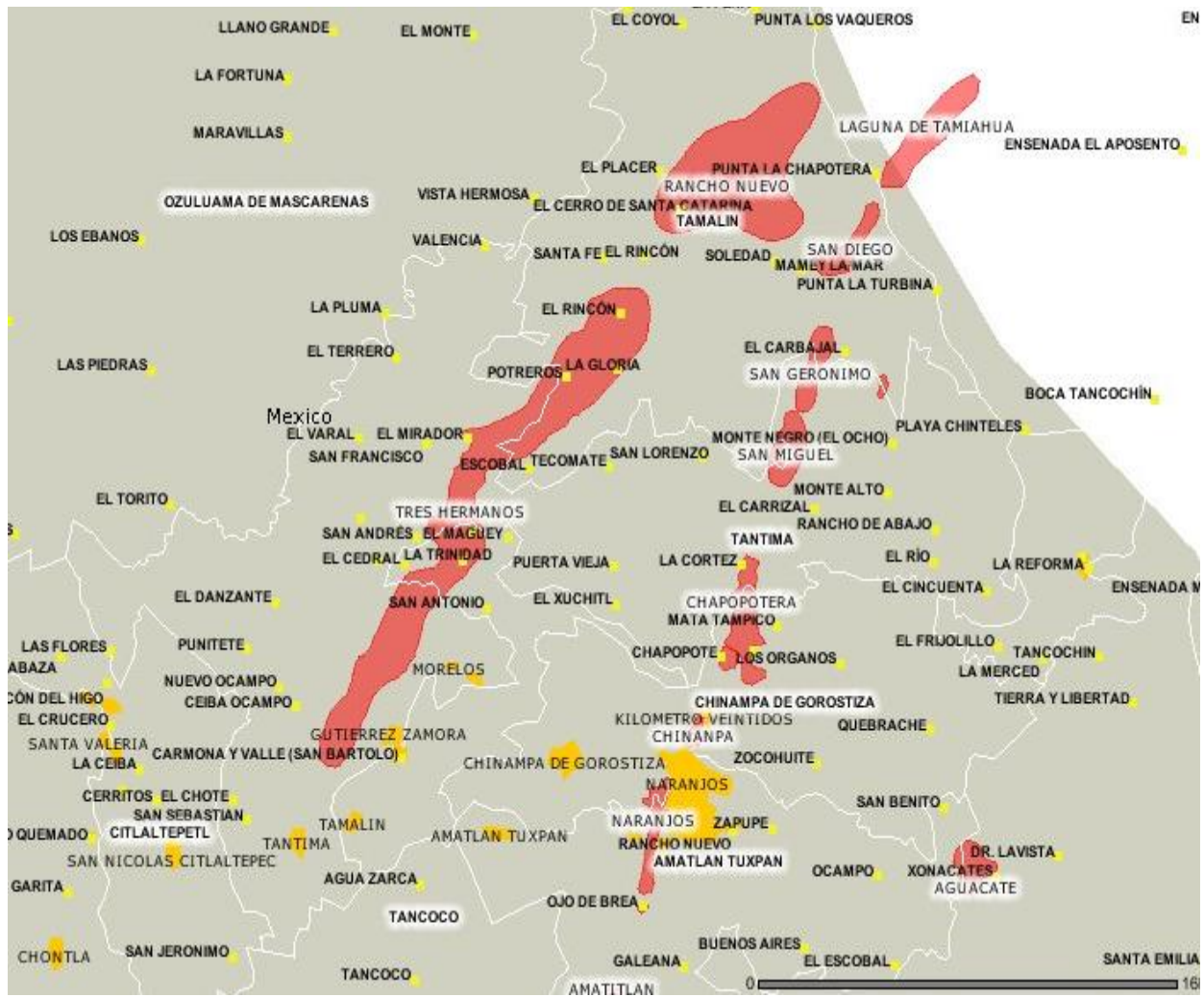


Figura 5.4. Localización del Campo Tres Hermanos.

El campo Tres Hermanos fue descubierto en 1959, cuenta con un total de 151 pozos y los registros muestran una producción total de 24 Mbd en 1964, este campo es el principal productor del área de Cerro Azul, con una producción actual de 2,800 barriles de aceite y 10 millones de pies cúbicos de gas asociado por día.

Dado que no se cuenta con infraestructura para el manejo de gas en el área Tres Hermanos, todo el gas asociado es actualmente quemado y continuara quemándose en la ausencia de las actividades de este proyecto, debido al hecho de que el campo Tres Hermanos fue desarrollado solamente como un campo de aceite, y las alternativas para hacer uso del gas, involucran un gasto de capital adicional por parte de PEP.

Las actividades del proyecto involucran la recuperación y transportación de gas asociado, para que se tenga otro modo de ser quemado, desde las baterías de Tres Hermanos con nuevas





unidades de separación del dióxido de carbono y una de acondicionamiento de gas, donde el gas seco y condensado son producidos. El gas seco será entregado a PEMEX Gas y Petroquímica Básica y los condensados serán incorporados al flujo de aceite.

Como resultado de evitar quemar los hidrocarburos, las emisiones de GEI serán reducidas, las actividades de proyecto estiman la reducción de emisiones en aproximadamente 576 033 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en un período de 10 años.

Las actividades del proyecto también generan los siguientes beneficios:

- Alta calidad de aire de manera local debido a la reducción de contaminantes.
- Uso eficiente de los recursos naturales debido a la utilización de gas que actualmente es quemado.
- Nuevas fuentes generadoras de empleos debido a las actividades de construcción.
- Suministro adicional de gas natural en el mercado local, contribuyendo a la reducción en la demanda de importación.

Consecuentemente las actividades del proyecto guían hacia beneficios económicos, ambientales y sociales, contribuyendo a los objetivos en desarrollo sustentable de las autoridades Estales y federales Mexicanas, como se muestra en los planes de desarrollo de:

- México (Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006), y
- Estado de Veracruz (Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010).

Los participantes del proyecto requerirán una aprobación por escrito de Comité Mexicano para Proyectos de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero para participación voluntaria, confirmando que el proyecto soporta un desarrollo sustentable.

Los participantes también requerirán de una aprobación de Autoridad Nacional Designada Noruega (Norwegian DNA) para participación voluntaria.

Este proyecto trae gas al mercado que de otra manera sería quemado. El dióxido de carbono que constituye un parte significativa del gas asociado será separado de los hidrocarburos y enviado a la atmósfera cuando el flujo de gas obtenido en las unidades de separación de dióxido de carbono y acondicionamiento de gas, sea enviado a quemadores. Este dióxido de carbono también es, en ausencia de este proyecto enviado a la atmósfera cuando el gas asociado es quemado en el escenario original. Sin embargo, los participantes del proyecto están analizando la posibilidad de que el dióxido de carbono sea inyectado dentro del yacimiento como un proyecto separado de MDL, dependiendo del COP/MOP's que toma la decisión de aplicabilidad de MDL en CCS.



**Tabla 5-4: Participantes del Proyecto.**

Nombre del participante involucrado(*) (indica al participante anfitrión)	Entidades públicas y/o privadas participantes en el proyecto(*) (aplica)	Indicativo de si el participante involucrado desea ser considerado como participante del proyecto.
Estados Unidos Mexicanos (anfitrión)	PEMEX Exploración y Producción (publica)	No
Noruega	Statoil (Privada)	No
(*) De acuerdo con las modalidades y procedimientos del MDL, y al tiempo de hacer el MDL-PDD público y en período de validación, un participante involucrado puede o no tener su aprobación. Al tiempo estar haciendo su registro de aprobación si las partes involucradas lo requieren.		

**A.4.2 Categoría(as) de las actividades del proyecto.**

Las actividades del proyecto involucran recuperación y utilización de gases generados como producto de las actividades de producción, las cuales son actualmente quemadas.

Esta categoría corresponde a: (10) emisiones fugitivas derivadas de los combustibles.

**A.4.3 Tecnología empleada por las actividades del proyecto.**

1. Recuperación y transportación de gas asociado.
2. Separación del dióxido de carbono y acondicionamiento de gas.
3. Transportación de gas seco.

El gas asociado será transportado a la nueva planta de separación de dióxido de carbono y acondicionamiento de gas, donde el gas seco y condensados serán producidos. El gas seco será transportado a través del gasoducto a PEMEX Gas y Petroquímica Básica, y los condensados serán mezclados en el flujo de aceite en el oleoducto.

La tabla siguiente muestra los principales componentes para que se lleven a cabo las actividades del proyecto.



**Tabla 5.5: Componentes del sistema.**

<b>Recuperación y transporte de gas asociado.</b>	Gasoductos de baja presión 0.4 km x 10" desde la batería de separación número 1 hasta el gasoducto general.
	Gasoductos de baja presión de 0.07 km x 10" desde las batería de separación número 3 hasta el gasoducto general (.).
	Gasoducto de baja presión de 0.1 km x 8" desde la batería de separación número 4 hasta el gasoducto principal.
	Gasoducto principal de abaja presión de 4 km x 12" desde baterías 1, 3 y 4 a planta de separación de dióxido de carbono y acondicionamiento de gas.
<b>Separación de dióxido de carbono y acondicionamiento de gas.</b>	Unidad de compresión 1: de 1.3 kg/cm <sup>2</sup> a 77 kg/cm <sup>2</sup> . Modelo: tres etapas, recíproca, desplazamiento positivo.
	Unidad pre-acondicionada: el gas comprimido es tratado en orden para remover H <sub>2</sub> S y agua.
	Unidad de separación: el gas resultante es tratado en una sección de pre-tratamiento y después, es enviada al proceso de separación de dióxido de carbono a través del sistema de membrana doble etapa.
	Unidad de compresión 2: de 22 kg/cm <sup>2</sup> a 77 kg/cm <sup>2</sup> . Modelo: una etapa, recíproca, desplazamiento positivo.
	Unidad de acondicionamiento final: el gas hidrocarburo obtenido es llevado dentro del punto de rocío de los hidrocarburos dentro del orden de las especificaciones del gas de venta.
<b>Transportación de gas seco.</b>	Gasoducto de 13 km x 6" de la planta de separación de dióxido de carbono y acondicionamiento de gas hasta el gasoducto de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (diámetro 48 ")

Tabla 5.5. Componentes del sistema.

La figura 5.5. Muestra el esquema de las actividades del proyecto

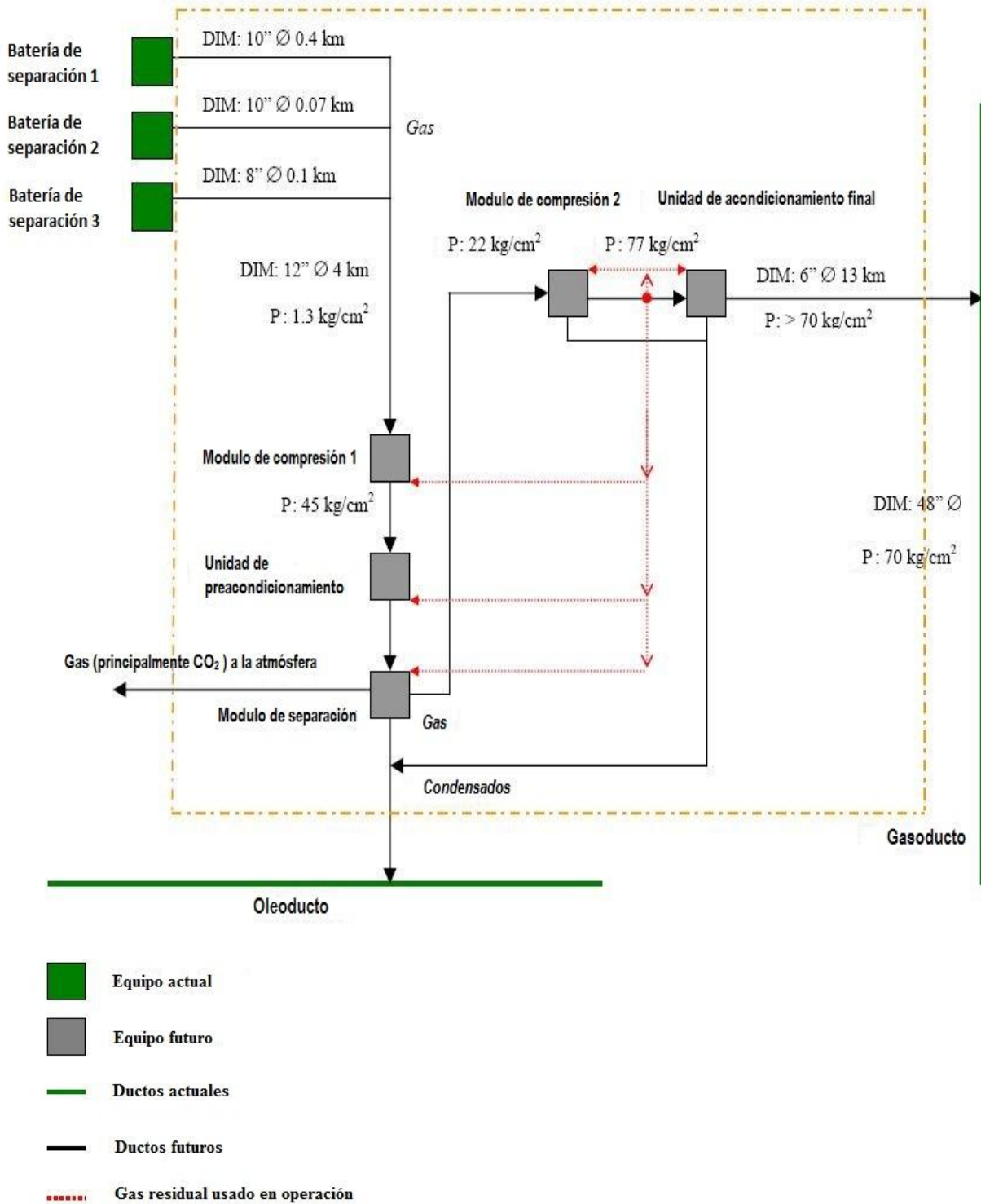


Figura 5.5. Esquema del Proyecto.

La figura 5.6 muestra el diagrama de flujo del sistema para el acondicionamiento del gas y separación del Dióxido de carbono.

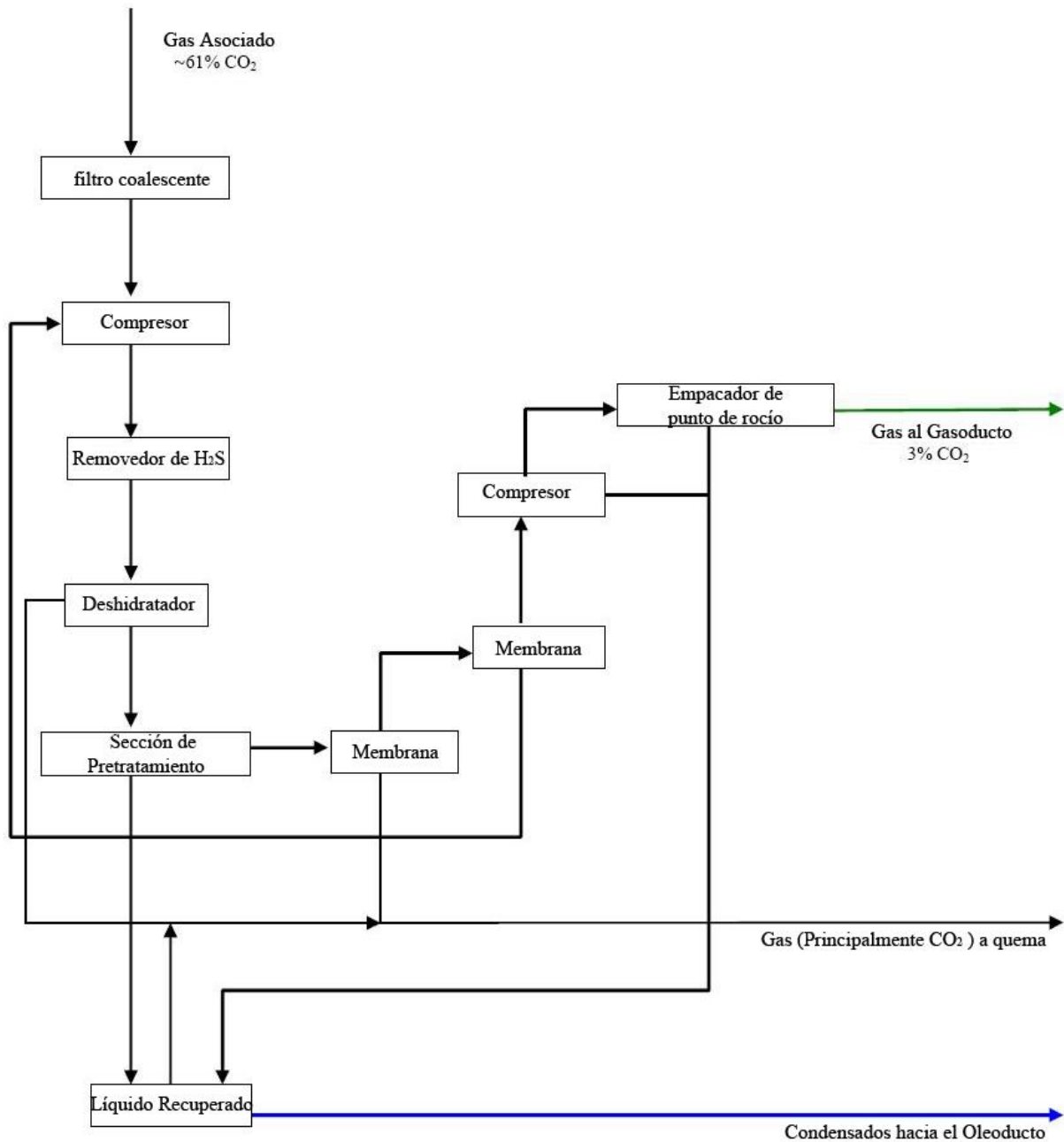


Figura 5.6. Diagrama de Flujo.

**A.4.4 Cantidad estimada de reducción de emisiones sobre el período de acreditación elegido.**

La reducción de emisiones totales fue estimada en 576,033 tCO<sub>2</sub>e durante el período de acreditación de 10 años (tabla 5.6).



Tabla 5.6: Reducción de emisiones totales durante el período que acreditado de 10 años.

Años <sup>4</sup>	Estimación anual de reducción de emisiones en toneladas de CO <sub>2</sub> e
2008	73,998
2009	72,474
2010	70,474
2011	70,154
2012	63,091
2013	56,125
2014	49,508
2015	44,172
2016	39,200
2017	34,838
<b>Reducciones estimadas totales (toneladas de CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>576,033</b>
<b>Número total de años acreditados</b>	<b>10</b>
<b>Promedio anual durante el período que acreditadas reducciones estimadas (toneladas de Co<sub>2</sub>e)</b>	<b>57,603</b>

#### V.IV.V Sección B. aplicación de la metodología de monitoreo y línea base.

##### B.1 Título y referencia de la metodología de monitoreo y línea base aplicada a las actividades del proyecto:

Las actividades del proyecto utilizan una metodología ya existente de monitoreo y línea base (AM0009/Versión 02), las cuales han sido aprobadas y publicadas por el consejo de dirección de MDL. La metodología es designada como “Recuperación y Utilización del gas de los pozos petroleros que de otra manera sería quemado.”

##### B.2 Justificación de la metodología elegida y el porqué es aplicable a las actividades del proyecto.

AM0009 es aplicable a proyectos de recuperación de gas en pozos bajo las siguientes condiciones:

- El gas en los pozos petroleros se recupera y se transporta en ductos hasta una instalación de procesamiento en donde se obtiene gas seco, LPG y condensados.

<sup>4</sup> Está definido como el período de tiempo entre Julio de un año y Junio del año subsecuente.



- La energía requerida para el transporte y procesamiento del gas recuperado es generada utilizando el gas recuperado.
- Los productos (gas seco, LPG y condensados) pueden ser substituidos en el mercado solo por otro del mismo tipo de combustible o algún otro con un contenido de carbón más alto por unidad de energía.
- La substitución de combustibles debido a las actividades del proyecto es poco probable su incremento debido al consumo del mercado respectivo.
- En ausencia de las actividades del proyecto, el gas es principalmente quemado.
- Los datos (cantidad y fracción) son accesibles en los productos de las planta de tratamiento de gas, y el gas recuperado de otras instalaciones de exploración facilitan en casos que se recupere el gas a las mismas plantas de tratamiento de gas.

### B.3 Descripción de las fuentes y gases incluidos en los límites del proyecto.

El área que cubre los límites del proyecto, abarca desde la unidad de acondicionamiento de gas y separación de dióxido de carbono, la tubería que transporta el gas desde las baterías hasta ésta unidad, el ducto que transporta el gas hacia el gasoducto principal de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, y el ducto que transporta los condensados al oleoducto.

La figura 5.7 muestra el espaciamiento de los límites del proyecto.

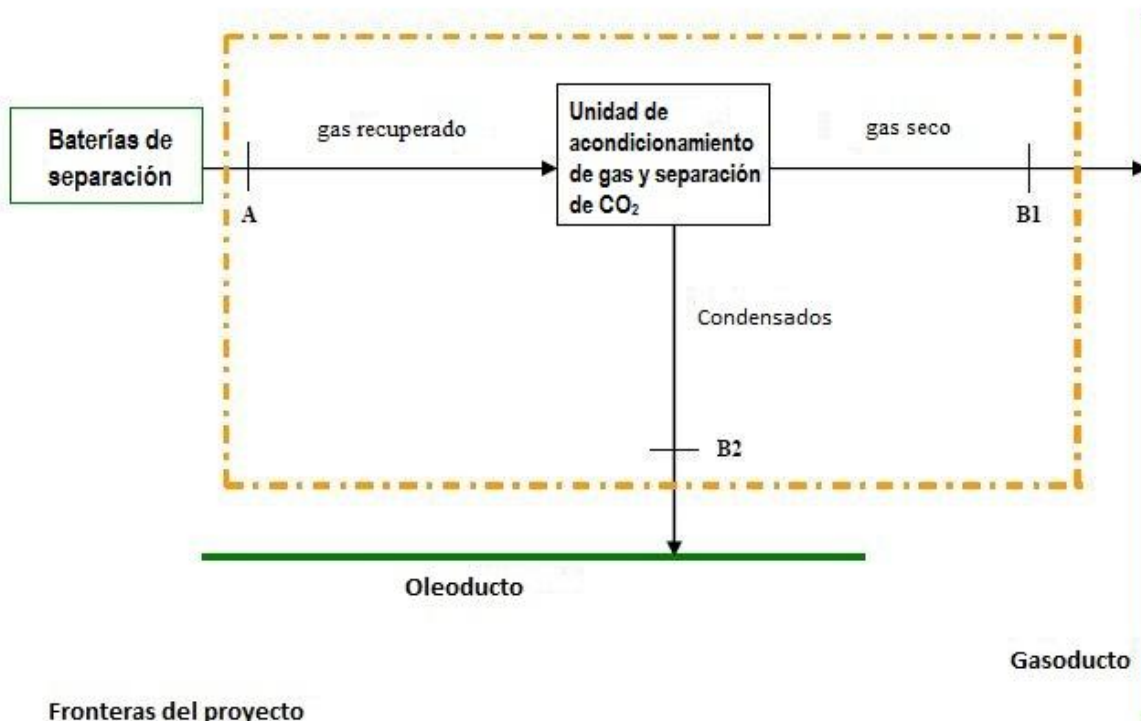


Figura 5.7. Fronteras del proyecto.



**Tabla 5.7: Fuentes y gases considerados en el escenario base y escenarios del proyecto propuesto.**

	Fuente	Gas	¿Incluido?	Justificación / Explicación	
Escenario base	Quema de gas asociado.	CO <sub>2</sub>	Si	De acuerdo a la metodología, se asume que todo el carbón contenido en el gas es convertido en CO <sub>2</sub> .	
		CH <sub>4</sub>	No		
		N <sub>2</sub> O	No		
Actividades del proyecto	Combustión del gas seco dentro de los límites del proyecto.	CO <sub>2</sub>	Si	De acuerdo a la metodología, se asume que todo el carbón en el gas quemado esta oxidando totalmente al CO <sub>2</sub>	
		CH <sub>4</sub>	No		
		N <sub>2</sub> O	No		
	Combustión de otros combustibles en lugar del gas recuperado.	CO <sub>2</sub>	No	Todo el gas recuperado es actualmente quemado y puede continuar así en ausencia del proyecto. Podría no ser utilizado para el consumo "in situ" en el escenario de base, y así no hay emisiones de la combustión de otros combustibles en lugar del gas recuperado en el escenario del proyecto.	
		CH <sub>4</sub>	No		
		N <sub>2</sub> O	No		
	Fugas, Venteo y Quema.		CO <sub>2</sub>	Si	De acuerdo a la metodología, se asume que todo el carbón en el gas quemado o venteado oxida completamente al CO <sub>2</sub> . El Venteo se asocia con las emisiones de CO <sub>2</sub> , y se asume que todos los hidrocarburos, incluyendo el CH <sub>4</sub> , oxidan al CO <sub>2</sub> en la atmósfera en un cierto tiempo.
			CH <sub>4</sub>	Si	De acuerdo a la metodología, el CH <sub>4</sub> se fuga del gas recuperado, entonces el procesamiento y la transportación también deben ser considerados.
			N <sub>2</sub> O	si	Esto de acuerdo a la metodología.

**B.4 Identificación del escenario base.**

El escenario base es identificado usando correctamente las propuestas de la metodología aprobada AM0009/ Versión 02.

De acuerdo a la metodología, el escenario base es identificando la línea de acción más probable, tomando en cuenta las oportunidades y barreras económicas.





La metodología indica que el gas asociado se puede manejar de diferentes formas, las cuales pueden ser:

***Opción 1: Enviar a la atmósfera en el sitio de producción (venteo).***

***Opción 2: Quema en el sitio de producción.***

***Opción 3: Consumo "in situ".***

***Opción 4: Inyección al yacimiento.***

***Opción 5: recuperación, transporte, procesamiento y distribución a usuarios finales.***

***Paso 1: Evaluación de aspectos legales.***

Actualmente no existe una ley o regulación que prohíba a PEP ventear gas hidrocarburo. Sin embargo a través de regulaciones internas en PEP, es una práctica común el no ventear el gas asociado, pero si quemarlo por razones de seguridad (para evitar riesgos de explosiones y de intoxicación) y por razones ambientales locales. Así que la opción 1 no es considerada como una alternativa.

***Paso 2: Evaluación de oportunidades y barreras económicas.***

***Opción 3: Consumo "in situ".***

La cantidad de gas asociado producido en el campo Tres Hermanos es demasiado alta comparada con el potencial de demanda de energía "in situ". La opción 3 se considera no aplicable pero factible en términos técnicos.

***Opción 4: Inyección al yacimiento.***

Tomando en cuenta el grado de madures del campo y los volúmenes de aceite y gas extraídos, los volúmenes de gas asociado producidos actualmente serían demasiado pequeños como para tener un impacto práctico sobre la producción aceite. Esta es la conclusión de una simulación hecha por el Instituto Mexicano del Petróleo en 1997. Así entonces que la opción 4 no es ni económica ni técnicamente atractiva para PEP.

***Opción 5: Recuperación, transporte, procesamiento y distribución a usuarios finales.***

La opción 5 involucra inversiones sobre gaseoductos, equipo de separación de CO<sub>2</sub>, y unidades de compresión y acondicionamiento de gas. El requerimiento de inversiones



hace que esta opción no sea lo suficientemente atractiva en cuestiones de rendimiento económico para PEP.

*Opción 2: Quema en el sitio de producción.*

De acuerdo a las explicaciones anteriores, la opción 2 es la única alternativa que está dentro de las leyes y regulaciones y que además es posible en términos técnicos, por lo tanto necesita nuevas inversiones en infraestructura. La opción 2 es la única que tiene el menor costo operacional, tal que se le dará continuidad a la implementación del proyecto intercalando el venteo/quema del CO<sub>2</sub> y parte de la recuperación de hidrocarburos.

En resumen, la opción 5 no puede ser considerada debido a que necesita de una inversión de capital, y las opciones 3 y 4 no representan alternativas aplicables, entonces, la opción 2, que es la que actualmente se practica, es considerado como el escenario más razonable ya que representa las emisiones de gases de efecto invernadero en ausencia del proyecto MDL y por lo tanto será escenario base.

***B.5 Descripción de cómo las emisiones antropogénicas de GEI y sus fuentes son reducidas y que podría ocurrir en ausencia del las actividades del proyecto MDL (demostración de adicionalidad).***

PEP es la única entidad que puede hacer inversiones de exploración y explotación de gas y aceite en México. Si PEP no es capaz de hacer una inversión en un proyecto en específico, esté no se realizará. Las inversiones de proyectos de PEP se financiaban normalmente con el esquema de Proyecto de Infraestructura Productiva de Largo Plazo (PIDIREGAS), el cual era un mecanismo de financiamiento extranjero privado, utilizado para financiar los proyectos estratégicos de energía, gas, y aceite desde 1995.

La metodología para la inversión de proyectos de Petróleos Mexicanos y Organismos subsidiarios<sup>5</sup>, está basado en las regulaciones internas de PEMEX y sus subsidiarias<sup>6</sup> y la regulación de ley interna de PEMEX<sup>7</sup> y que se autorizo por el consejo de administración de PEMEX, y que establece los siguiente en sus secciones 3.13, 3.14, 3.15:

- Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios establecerán prioridades y alinearan jerárquicamente los proyectos integrales de su portafolio de proyectos, según las

---

<sup>5</sup> Acuerdo CA-397/2006

<sup>6</sup> Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

<sup>7</sup> Reglamento de la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos.



políticas y las prioridades de las inversiones establecidas por el Gobierno Federal y PEMEX.

- Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios establecerán la clasificación jerárquica de sus proyectos y unidades de inversión para asegurar el uso óptimo de los recursos disponibles, intentando maximizar el valor económico de la empresa.
- El criterio para la clasificación de los proyectos integrales del portafolio de PEMEX será de acuerdo al Valor Presente Neto (VPN)<sup>8</sup>. Este procedimiento de clasificación puede ser complementado por otros indicadores.

PEP como subsidiaria de PEMEX, está sujeta a estas directrices y metodologías. El VPN es usado como parámetro universal para clasificar un proyecto. La relación entre el Valor Presente Neto y el Valor Presente de Inversión<sup>9</sup> (VPN/VPI), es utilizado por PEP como parámetro complementario de decisión lo que permite una comparación relativa, además, de las consideraciones estratégicas que se toman en cuenta.

En PEP, cada proyecto es dividido en una componente incremental (Unidades de Inversión<sup>10</sup> estratégicas) y otra componente Base (Unidades de inversión operacional).

Solo la componente incremental de varios proyectos es relacionada con la búsqueda de recursos en la fase de planeación de la asignación de capital, la parte de declinación de la producción de los proyectos no compete en la toma de decisiones de inversión.

Los objetivos en el proceso de la optimización del portafolio para maximizar el Valor Presente Neto del mismo están en función de la cantidad disponible de capital a invertir. En este proceso, la parte de la producción incremental de proyectos con Valor Presente Neto relativamente bajo son normalmente excluidos para optimizar el portafolio.

Como resultado de este ejercicio, la inversión de capital es asignada a los proyectos incrementales, normalmente en el último cuarto de cada año. Después, durante el siguiente año, la administración de cada proyecto toma decisiones en la asignación del capital a las diferentes unidades de inversión del proyecto, tomando en cuenta el VPN, el VPN/VPI, el progreso en ejecución y el volumen de suministros.

En el ciclo de planeación de 2007, el VPN promedio correspondiente a la parte incremental de capital de inversión para los proyectos recibidos en el portafolio de PEP fue de 30,577 millones de pesos por proyecto y el mínimo fue de 474 millones de pesos. El VPN de la componente

---

<sup>8</sup> Valor calculado como la diferencia entre; la suma de flujos futuros esperados de una inversión, descontados por una tasa de rendimiento (12%) y la inversión original.

<sup>9</sup> Valor calculado con la suma de los flujos de inversión por una tasa de rendimiento (12%).

<sup>10</sup> Conjunto mínimo de todos los elementos estratégicos físicos y normativos, necesarios para generar un valor económico.



incremental del proyecto integral Tres Hermanos es de 4,834 millones de pesos. El capital asignado a la parte incremental del proyecto integral Tres Hermanos en el presupuesto original para el 2007 fue de 30 millones de pesos. En años anteriores al proyecto se le asignó capital para perforación y reparación de pozos.

El proyecto de actividades MDL propuesto, fue definido como una unidad de inversión en la parte incremental del proyecto integral Tres Hermanos, compitiendo con unidades de inversión para producir aceite, el aceite es un producto escaso en la región norte y tiene mejores retribuciones económicas que el proyecto MDL propuesto. Además dado el gran volumen de gas producido en otros campos de esta región, el gas que se produce en el proyecto MDL propuesto es relativamente insignificante.

Muchas de las unidades de inversión relacionadas con la parte incremental del proyecto integral Tres Hermanos tienen un VPN mayor que el proyecto de actividades MDL, con VPN de 66.83 millones de pesos. La inversión del capital asignado al proyecto puede ser distribuido entre siete unidades de inversión antes que al proyecto de actividades (en ausencia del MDL). Sin embargo, la cantidad total de 30 millones de pesos asignados al proyecto integral Tres Hermanos pueden no ser suficientes para cubrir las inversiones requeridas del proyecto de actividades MDL.

La posibilidad de utilizar y comercializar los hidrocarburos y el CO<sub>2</sub> provenientes del gas asociado del campo Tres Hermanos ha sido también evaluado y propuesto previamente como una unidad de inversión en el proyecto integral campo Tres Hermanos, sin embargo debido a los requerimientos de alto rendimiento económico para permitir la inversión de capital, este no ha sido implementado.

Solo después de considerar el proyecto de actividades propuesto bajo el marco de MDL, este fue incluido en el portafolio de PEP. Contrastando con los procedimientos de inversión normales, el capital requerido será proporcionado por la Administración Federal. Así es como la decisión de PEP de apoyar el proyecto Tres Hermanos MDL es porque esté en específico cumple con las características de un proyecto MDL, incluyendo una contribución en la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, y contribuye en el desarrollo sustentable en México, que además contiene elementos de cooperación internacional a largo plazo.

El Valor Presente Neto de la opción 5, sin MDL, se determinó basándose en los siguientes datos:

- Inversión: una inversión adicional relacionada a la recuperación de gas, transporte, procesamiento y distribución a los usuarios finales. Desembolsos de capital para gaseoductos, unidades de compresión, recuperación, acondicionamiento, etc.



- Costos: costos adicionales relacionados con la recuperación de gas, transporte, procesamiento y distribución a usuarios finales.
- Ingresos: ingresos adicionales a la venta de gas y condensado recuperado. Los ingresos son estimados considerando la producción de gas proyectada, la cantidad destinada de gas recuperado, la cantidad de gas seco y condensado producidos, y los precios de estos productos.

El uso del VPN como indicador financiero cuando se considera adicionalidad representa una pequeña desviación de la metodología AM0009, sin embargo, esto no discrimina la integridad de adicionalidad justificada por AM0009.

La siguiente tabla muestra el cálculo del VPN para la opción 5, es cual se calcula antes de impuestos, de acuerdo a la práctica normal.

**Tabla 5.8: VPN de la opción 5.**

Año	Inversión Adicional (MMPesos)	Costos Adicionales (MMPesos)	Ingresos Adicionales (MMPesos)	Flujo de Efectivo (MMPesos)
<b>0</b> 2007	80			-80
<b>1</b> 2008	130		96	-34
<b>2</b> 2009	39	17	104	47
<b>3</b> 2010	45	17	114	51
<b>4</b> 2011	45	15	117	57
<b>5</b> 2012	44	15	106	47
<b>6</b> 2013	45	13	94	36
<b>7</b> 2014	44	10	74	20
<b>8</b> 2015	45	10	67	13
<b>9</b> 2016	44	7	60	9
<b>10</b> 2017	45	5	54	4
<b>11</b> 2018	44	3	60	13
<b>12</b> 2019	45	3	54	6
<b>13</b> 2020	44	3	46	-2
<b>14</b> 2021	45	3	41	-7
<b>15</b> 2022	44	3	37	-10
<b>VPN (MMPesos)</b>				<b>66.83</b>

Como se explicó anteriormente, la opción 5 tiene indicadores financieros que no son lo suficientemente competitivos con los proyectos y las unidades de inversión para recibir recursos de inversión bajo el régimen normal de inversión de PEP. La opción 5 no será implementada a menos de que se considere como un proyecto de MDL, siendo adicional al proyecto de actividades propuesto.



## **B.6 Reducción de emisiones.**

### **B.6.1. Explicación de las opciones de la metodología:**

#### **Emisiones del Proyecto.**

Desde que los procesos de separación, acondicionamiento, compresión y transporte están involucrados en las actividades del proyecto, estas están bajo control de los participantes del proyecto y sus fuentes se consideran en el cálculo de las emisiones del proyecto:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> a través de la combustión de gas seco para el proceso de transportación, separación, acondicionamiento y compresión.
- Emisiones de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> por fugas, venteo<sup>11</sup>, y quema durante el proceso de transportación, separación, acondicionamiento y compresión.
- Emisiones de CH<sub>4</sub> debido al proceso de separación, acondicionamiento y compresión.
- Emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del gas en los gaseoductos bajo condiciones normales de operación.
- Emisiones de CH<sub>4</sub> debido al transporte de gas en los gaseoductos cuando ocurren accidentes.

De acuerdo a la metodología, si el gas seco es usado para generar energía “in situ” en ausencia del proyecto, otro combustible fósil podría ser usado en lugar del gas seco después de la implementación del proyecto. Y en este caso las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión de dichos combustibles deben ser tomadas en cuenta como parte de las emisiones del proyecto. En este caso particular, todo el gas recuperado es actualmente quemado y puede continuar así en ausencia de éste proyecto, y así no sería utilizado para consumo “in situ” en ausencia del proyecto. Como consecuencia no habría emisiones de CO<sub>2</sub> debido al consumo de otros combustibles en lugar de gas seco.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la combustión del gas seco, fugas, quema y venteo durante el proceso de transportación, separación, acondicionamiento y compresión no son calculadas a partir de las fuentes simples de emisión, pero un balance de masa del carbón también considera el flujo de gas recuperado, el gas seco y el flujo de condensados.

Así las emisiones del proyecto debido a la combustión de gas seco, fugas, quema y venteo durante el proceso de transporte, separación, acondicionamiento y compresión se obtiene de la siguiente forma:

---

<sup>11</sup> De acuerdo a la metodología, el venteo es asociado con la emisiones de dióxido de carbono, y se asume que contiene hidrocarburos, incluyendo metano.



$$PE_{CO_2\text{gas}} = [(M_{CA} - M_{CB2} - M_{CB1}) \times 44 \text{ kg CO}_2/12\text{kgC}] / (1000 \text{ kg/toneladas}) \quad (1)$$

Con:

$$M_{CA} = V_A \times W_{CA} \quad (2)$$

$$M_{CB1} = V_{B1} \times W_{CB1} \quad (3)$$

$$M_{CB2} = M_{B2} \times W_{CB2} \quad (4)$$

$PE_{CO_2\text{gas}}$	Emisiones del proyecto debido a la combustión del gas seco, fugas, quema y venteo durante el proceso de transporte, separación, acondicionamiento y compresión (tCO <sub>2</sub> /año)
$M_{CA}$	Masa de carbón contenida en el gas recuperado en el punto A de la figura 5.7 (kgC/año)
$M_{CB1}$	Masa de carbón contenida en el gas seco en el punto B1 de la figura 5.7 (kgC/año)
$M_{CB2}$	Masa de carbón contenida en el condensado en el punto B2 de la figura 5.7 (kgC/año)
$V_A$	Volumen del gas recuperado en el punto A de la figura 5.7 (m <sup>3</sup> /año)
$W_{CA}$	Fracción promedio de carbón en el gas recuperado en el punto A de la figura 5.7 (kgC/m <sup>3</sup> )
$V_{B1}$	Volumen del gas seco en el punto B1 de la figura 5.7 (m <sup>3</sup> /año)
$W_{B1}$	Fracción promedio de carbón en el gas seco en el punto A de la figura 5.7 (kgC/m <sup>3</sup> )
$V_A$	Masa de condensado en el punto B2 de la figura 5.7 (m <sup>3</sup> /año)
$W_{CA}$	Fracción promedio de carbón en el condensado en el punto A de la figura 5.7 (kgC/m <sup>3</sup> )

Las emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub> que ocurren durante el proceso de separación, acondicionamiento y compresión de gas son pequeñas pero pueden ser estimadas.

De acuerdo a la metodología, los factores de emisión pueden ser tomados de la “Guía de Mejores Prácticas del IPCC” y/o del “Protocolo de 1995” para la estimación de las emisiones por fugas del equipo publicado por EPA. Para este proyecto en particular, los factores de emisiones son tomados de la Guía de Mejores Prácticas 2000 del IPCC, ya que los procedimientos de EPA requieren información tal que sería disponible cuando la ingeniería detallada del proyecto sea terminada.



Las emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub> ocurren durante el transporte del gas en los gaseoductos son pequeñas, pero pueden ser estimadas con una buena aproximación al igual que las emisiones de CH<sub>4</sub> por procesos de separación, acondicionamiento y compresión de gas.

La tabla 5.9 muestra los factores de emisión considerados en los cálculos de emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub>.

**Tabla 5.9.: Factor de emisiones fugitivas de metano.**

Categoría	Sub-categoría	Tipo de misiones	Factor de emisiones del metano
Producción de gas	Todos <sup>12</sup>	Fugitivas	2.6 E-03 a 2.9 E-0.3 kg por m <sup>3</sup> de gas producido.
Procesamiento de gas	Plantas de gas amargo	Fugitivas	2.1 E-04 kg por m <sup>3</sup> de gas recibido.
Transporte y almacenamiento de gas	Transporte	Fugitivas	2.1 E+03 a 2.9 E+03 kg por año y km tubería de transmisión.

Así entonces, las emisiones del proyecto relacionadas con fugas de metano debido al proceso de separación, acondicionamiento y compresión son obtenidas de la manera siguiente:

$$PE_{CH_4 \text{ corriente}} = [(EF_{\text{producción}} + EF_{\text{Procesamiento}}) \times V_A \times GWP_{CH_4}] / (1000 \text{ kg/tonelada}) \quad (5)$$

Por otro lado, las emisiones del proyecto relacionadas con la fuga de metano por transporte del gas en los gasoductos se obtienen de la siguiente forma:

$$PE_{CH_4 \text{ tubería}} = (EF_{\text{transmisión}} \times L \times GWP_{CH_4}) / (1000 \text{ kg/tonelada}) \quad (6)$$

Cuando un accidente causa fuga de gas en la tubería, el volumen de la fuga de gas es muy pequeño en comparación con la suma de la cantidad total de gas que fluye durante el tiempo que el accidente ocurre hasta que se cierra y la cantidad de gas remanente en la tubería.

Las emisiones del proyecto relacionadas con fugas de metano debido al transporte de gas en las ductos cuando ocurre un accidente se obtienen de la siguiente forma.

$$PE_{CH_4 \text{ accidentes en ductos}} = (A_{\text{accidente}} + V_{\text{remanente del accidente}}) \times W_{CH_4 \text{ accidente en la tubería}} \times GWP_{CH_4} / (1000 \text{ kg / tonelada}) \quad (7)$$

<sup>12</sup> En este caso, se estima en base al factor de emisión más alto.





Con:

$$V_{\text{accidente}} = (t_2 - t_1) \times F \quad (8)$$

$$V_{\text{remanente del accidente}} = d^2 \times \pi \times L \times (P/P_s) \times (T_s/T) \quad (9)$$

**El total de emisiones del proyecto son calculadas de la siguiente forma:**

$$PE = PE_{CO_2 \text{ gas}} + PE_{CH_4 \text{ flujo}} + PE_{CH_4 \text{ ductos}} + \sum_{\text{accidentes}} PE_{CH_4 \text{ accidentes en ductos}} \quad (10)$$

### **Emisiones del escenario base.**

Las emisiones del escenario base incluyen emisiones de GEI debido a la quema del gas generado como producto de las actividades de producción en el campo Tres Hermanos.

En la práctica, la quema suele ser de manera sub óptima para las condiciones de combustión y la parte del gas que no se quema y es lanzado a la atmósfera como el metano y otros gases volátiles. Sin embargo, la cantidad de metano emitido por la quema es difícil de cuantificar. Por lo tanto, con el fin de determinar las emisiones del escenario base, se asume que todo el carbón en el gas se convierte en dióxido de carbono, esto es una consideración muy conservadora, ya que si se contabilizaran las emisiones de metano en la quema las emisiones de la línea base aumentarían.

Las emisiones de la línea base se obtienen de la manera siguiente:

$$BE = (M_{CA} \times 44\text{kgCO}_2/12 \text{ kgC}) / (1000 \text{ kg/tonelada})$$

Con:

$$M_{CA} = V_A \times W_{CA}$$

Donde:

- BE Emisiones del escenario Base (tCO<sub>2</sub>/año)
- M<sub>C</sub> Masa de carbón contenida en el gas recuperado en el punto A de la figura 5.6 (kgC/año)
- V<sub>A</sub> Volumen del gas recuperado en el punto A de la figura 5.6 (m<sup>3</sup>/año)
- W<sub>CA</sub> Fracción promedio de carbón en el gas recuperado en el punto A de la figura 5.6 (kgC/m<sup>3</sup>)



**Reducción de emisiones.**

La reducción de emisiones es calculada como la diferencia entre las emisiones de la línea base y las del proyecto, tomando en cuenta los ajustes por fugas.

Considerando que no se tienen fugas en las actividades del proyecto, las reducciones de emisiones anuales se obtienen como sigue:

$$ER = BE - PE$$

**ER** Reducción de emisiones.

**BE** Emisiones del escenario Base.

**PE** Emisiones del Proyecto.

La fracción de carbón en el gas recuperado se hace en base a la composición del gas asociado (tabla 5.10), determinada por una muestra de gas tomada en las baterías de separación involucradas en el proyecto.

**Tabla 5.10. Fracción de carbón en el gas recuperado**

Elemento (C <sub>i</sub> )	Masa de C <sub>i</sub> por m <sup>3</sup> de gas (KgC <sub>i</sub> /Kg) (1)	Masa de C <sub>i</sub> por mole de C <sub>i</sub> (Kgc/moleC <sub>i</sub> ) (2)	Moles de c por mole de C <sub>i</sub> (molec/moleC <sub>i</sub> ) (3)	Masa de C por m <sup>3</sup> de gas (KgC/Kg) (1)*[(3)/(2)*.012 Kgc/moleC
Metano	0.1770	0.016	1	0.13
Etano	0.0461	0.030	2	0.04
Propano	0.0477	0.044	3	0.04
i – Butano	0.0091	0.058	4	0.01
n – Butano	0.0269	0.058	4	0.02
i - Pentano	0.0113	0.072	5	0.01
n – Pentano	0.0087	0.072	5	0.01
Hexano	0.0311	0.086	6	0.03
Nitrógeno	0.0119	0.028	0	0.00
Dióxido de carbono	1.1352	0.044	1	0.31
Sulfhídrico	0.0005	0.034	0	0.00
Agua	0.0196	0.018	0	0.00
<b>Total (KgC/m<sup>3</sup> gas)</b>				<b>0.59</b>



La fracción de carbón en el gas seco se estima utilizando la composición de gas seco obtenida mediante cálculos hechos por PEP (tabla 5.11), como se muestra a continuación:

**Tabla 5.11. Fracción de carbón en el gas seco.**

Elemento (C <sub>i</sub> )	Masa de C <sub>i</sub> por m <sup>3</sup> de gas (KgC <sub>i</sub> /Kg) (1)	Masa de C <sub>i</sub> por mole de C <sub>i</sub> (Kgc/moleC <sub>i</sub> ) (2)	Moles de c por mole de C <sub>i</sub> (molec/moleC <sub>i</sub> ) (3)	Masa de C por m <sup>3</sup> de gas (KgC/Kg) (1)*[(3)(2)*.012 Kgc/moleC
Metano	0.5586	0.016	1	0.42
Etano	0.1280	0.030	2	0.10
Propano	0.0227	0.044	3	0.02
i – Butano	0.0001	0.058	4	0.00
n – Butano	0.0000	0.058	4	0.00
i - Pentano	0.0000	0.072	5	0.00
n – Pentano	0.0000	0.072	5	0.00
Hexano	0.0000	0.086	6	0.00
Nitrógeno	0.0396	0.028	0	0.00
Dióxido de carbono	0.0531	0.044	1	0.01
Sulfhídrico	0.0000	0.034	0	0.00
Agua	0.0000	0.018	0	0.00
<b>Total (KgC/m<sup>3</sup> gas)</b>				<b>0</b>

La fracción de carbón en los condensados se estima utilizando la composición del condensado obtenida a través de cálculos hechos por PEP (tabla 5.12), como se muestra a continuación:

**Tabla 5.12. Fracción de carbón en los condensados**

Elemento (C <sub>i</sub> )	Masa de C <sub>i</sub> por Kg de condensado (KgC <sub>i</sub> /Kg) (1)	Masa de C <sub>i</sub> por mole de C <sub>i</sub> (Kgc/moleC <sub>i</sub> ) (2)	Moles de c por mole de C <sub>i</sub> (moleC/moleC <sub>i</sub> ) (3)	Masa de C por Kg de condensado (KgC/Kg) (1)*[(3)(2)*.012 Kgc/moleC
Metano	0.0003	0.016	1	0.00
Etano	0.0057	0.030	2	0.00
Propano	0.0850	0.044	3	0.07
i – Butano	0.0404	0.058	4	0.03
n – Butano	0.1543	0.058	4	0.13
i - Pentano	0.1115	0.072	5	0.09
n – Pentano	0.0952	0.072	5	0.08
Hexano	0.5031	0.086	6	0.42
Nitrógeno	0.0000	0.028	0	0.00
Dióxido de carbono	0.0045	0.044	1	0.00
Sulfhídrico	0.0000	0.034	0	0.00
Agua	0.0000	0.018	0	0.00
<b>Total (KgC/Kg condesado)</b>				



La tabla 5.13 muestra los volúmenes de gas seco, gas recuperado y masa de los condensados estimados para el período de acreditación con los cálculos realizados por PEP, y las emisiones CO<sub>2</sub> resultantes debido a la combustión, fugas, quema y venteo de gas seco durante los procesos de transporte, separación, acondicionamiento y compresión.

**Tabla 5.13. Emisiones de CO<sub>2</sub> ex ante debido a la combustión, fugas, quema y venteo de gas seco**

Años	Volumen de gas recuperado (m <sup>3</sup> )	Volumen de gas seco (m <sup>3</sup> )	Masa de condensados (Kg)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )
2008	142,798,352	30,482,107	7,366,104	224,909
2009	139,904,353	29,863,883	7,216,329	220,353
2010	139,904,353	29,863,883	7,216,329	220,353
2011	135,491,080	28,921,862	6,988,639	213,402
2012	122,054,616	26,053,755	6,295,688	192,239
2013	108,804,150	23,225,302	5,612,183	171,369
2014	96,215,276	20,538,068	4,962,818	151,542
2015	86,065,636	18,371,544	4,439,324	135,556
2016	76,608,369	16,352,627	3,951,389	120,661
2017	68,308,853	14,581,183	3,523,412	107,588
<b>Total</b>				<b>1,757,973</b>

La tabla 5.14 muestra los volúmenes estimados del gas recuperado para el período de acreditación a través de la simulación y estimación de las emisiones sin proyecto, las cuales están relacionadas a las emisiones de CH<sub>4</sub> debido al proceso de separación, acondicionamiento y compresión.

**Tabla 5.14. Estimación de las emisiones del proyecto relacionadas a las emisiones de CH<sub>4</sub> debido a los procesos de separación, acondicionamiento y compresión**

Años	Volumen de gas recuperado (m <sup>3</sup> )	Emisiones del proyecto relacionadas a las fugas de metano (tCo <sub>2</sub> e)
2008	142,798,352	9,326
2009	139,904,353	9,137
2010	139,904,353	9,137
2011	135,491,080	8,849
2012	122,054,616	7,971
2013	108,804,150	7,106
2014	96,215,276	6,284
2015	86,065,636	5,621
2016	76,608,369	5,003
2017	68,308,853	4,461
<b>Total</b>		<b>72,896</b>



La tabla 5.15 muestra la estimación de las emisiones antes del proyecto.

**Tabla 5.15. Emisiones antes del proyecto**

Años	Emisiones de Co <sub>2</sub> provenientes de la combustión de gas seco, fugas, quema y venteo. (tCO <sub>2</sub> )	Emisiones del proyecto relacionadas a las fugas de metano debido a los procesos de separación, acondicionamiento y compresión. (tCO <sub>2</sub> )	Emisiones del proyecto relacionadas con las fugas de metano debido al transporte de gas en las ductos. (tCO <sub>2</sub> 0	Emisiones del proyecto (tCO <sub>2</sub> e)
2008	224,909	9,326	1,070	235,305
2009	220,353	9,137	1,070	230,560
2010	220,353	9,137	1,070	230,560
2011	213,402	8,849	1,070	223,321
2012	192,239	7,971	1,070	201,281
2013	171,369	7,106	1,070	179,545
2014	151,542	6,248	1,070	158,896
2015	135,556	5,621	1,070	142,247
2016	120,661	5,003	1,070	126,734
2017	107,588	4,461	1,070	113,120
<b>Total</b>	<b>1,757,973</b>	<b>72,896</b>	<b>10,700</b>	<b>1,841,596</b>

La tabla 5.16 muestra los volúmenes estimados del gas recuperado y las emisiones del escenario base resultantes para el período de acreditación, a través de cálculos realizados por PEP.

**Tabla 5.16. Emisiones del escenario base**

Años	Volumen de gas recuperado (m <sup>3</sup> )	Emisiones del escenario base.
2008	142,798,352	309,303
2009	139,904,353	303,034
2010	139,904,353	303,034
2011	135,491,080	293,475
2012	122,054,616	264,371
2013	108,804,150	235,671
2014	96,215,276	208,403
2015	86,065,636	186,419
2016	76,608,369	165,934
2017	68,308,853	147,958
<b>Total</b>		<b>2,417,603</b>

**B.6.4 resumen de la estimación de reducción de emisiones.**

La estimación de reducción de emisiones obtenidas a través de las actividades del proyecto se realizó descontando las emisiones del proyecto a las emisiones del escenario base (tabla 5.17), como se muestra a continuación:

**Tabla 5.17. Emisiones del Proyecto (EP), Emisiones Base (EB) y Reducción de Emisiones (ER).**

Años <sup>13</sup>	Estimación de las emisiones del proyecto (tCO <sub>2</sub> e)	Estimación de las emisiones del escenario base (tCO <sub>2</sub> e)	Estimación por fugas (tCO <sub>2</sub> e)	Estimación Total de la reducción de emisiones (tCO <sub>2</sub> e)
2008	235,305	309,303	0	73,998
2009	230,560	303,034	0	72,474
2010	230,560	303,034	0	72,474
2011	223,321	293,475	0	70,154
2012	201,281	264,371	0	63,091
2013	179,545	235,671	0	56,125
2014	158,896	208,403	0	49,508
2015	142,247	186,419	0	44,172
2016	126,734	165,934	0	39,200
2017	113,120	147,958	0	34,838
<b>Total</b>	<b>1,841,596</b>	<b>2,417,603</b>	<b>0</b>	<b>576,033</b>

**V.IV.VI D.1 Documentación del análisis de impactos ambientales, incluyendo impactos más allá de sus fronteras.**

Bajo la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, vigente en septiembre de 2005, y la regulación relacionada con las evaluación de impacto ambiental. Para cualquier trabajo, construcción u otra actividad en la industria del petróleo, con una autorización previa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es requerida si la actividad puede causar cualquier desequilibrio ecológico o excede los límites y condiciones establecidos en las disposición aplicables para preservar y recuperar los ecosistemas y evitar o reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente.

De acuerdo al Sistema Integral de Protección y Calidad Ambiental de PEMEX, la Evaluación de Impactos Ambientales llamado “Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional en la Zona Norte del Proyecto de Chicontepec”, desarrollado en octubre de 2004, incluye el área del campo Tres Hermanos, así que no es necesario realizar otro estudio para el proyecto MDL campo Tres Hermanos, sin embargo el análisis de riesgos del proyecto es requerido para ser evaluado por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental – DGIRA de la SEMARNAT.

<sup>13</sup> Está definido como el período de tiempo entre Julio de un año y Junio del año subsecuente



## V.V Características y usos del CO<sub>2</sub>.

**Nombre:** *Dióxido de carbono.*

**Fórmula química:** *CO<sub>2</sub>*

### V.V.I Descripción

El dióxido de carbono es un gas ligeramente tóxico, inodoro e incoloro y con un sabor ácido. El CO<sub>2</sub> no es combustible ni aporta a la combustión. Pesa aproximadamente 1.45 veces lo que el aire; se evapora a presión atmosférica a -78° C y puede reaccionar en forma violenta con bases fuertes, especialmente a altas temperaturas.

El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO<sub>2</sub>.

Muchos seres vivos al respirar toman oxígeno de la atmósfera y devuelven dióxido de carbono.

En los últimos años la cantidad de dióxido de carbono ha aumentado mucho y eso contribuye, según el consenso científico, al calentamiento global del clima planetario.

Aunque se encuentra libre en la naturaleza, su obtención a nivel comercial se realiza por medio de sistemas de extracción y purificación (en el que se extraen los restos de agua, oxígeno, nitrógeno, argón, metano y etileno, entre otros) que permiten conseguirlo en diversas puridades. Por sus características físicas, se puede utilizar en diferentes procesos y aplicaciones, y por sus propiedades es importante conocer su manejo.

### V.V.II Aplicaciones del CO<sub>2</sub>:

- **Carbonatación de Bebidas:** En Industria Alimenticia, se utiliza en bebidas carbonatadas para darles efervescencia.
- **Seguridad:** Se utiliza como agente extintor eliminando el oxígeno para el fuego.
- **Industria química:** se emplea en la producción de urea, ácidos, esterres, resinas y carbonatos.
- **Soldadura:** Láser de CO<sub>2</sub> para operación de corte y soldadura.
- **Industria Alimenticia:** Se utiliza como ácido inocuo o poco contaminante. La acidez ayuda a cuajar lácteos de una forma más rápida y por tanto barata, sin añadir ningún sabor, además se utiliza para neutralizar residuos alcalinos sin añadir otro ácido más contaminante como el sulfúrico.



- **Agricultura:** Se utiliza como abono. aunque no puede ser absorbido por las raíces, se puede añadir para bajar el pH, evitar los depósitos de cal y hacer más disponibles algunos nutrientes del suelo.
- **Uso industrial:** En refrigeración como una clase líquida refrigerante en máquinas frigoríficas o congelado como hielo seco. Este mismo compuesto se usa para crear niebla artificial y sensación de hervor en agua en efectos especiales en el cine y los espectáculos.
- **Quirúrgico:** (Láser de CO<sub>2</sub>) mayor precisión de corte y un mínimo daño tisular, reduce el traumatismo quirúrgico. Ello se traduce en una recuperación mucho más rápida para el paciente. Las heridas cicatrizan antes. El paciente puede reincorporarse antes a su trabajo. Recorta los tiempos de baja laboral.
- **Industria petrolera.** Como gas de inyección, gas de fracturamiento, generador de espumas en procesos de limpieza y procesos de recuperación mejorada.

### V.V.III Utilización de CO<sub>2</sub> como fracturante de pozos.

Actualmente la industria de gases industriales utiliza el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con cierto grado de procesamiento como una herramienta más en el área de terminación y reparación de pozos de la industria petrolera. Este gas se utiliza básicamente en los procesos de fracturamiento de pozos, limpieza de los mismos e inyección de fluidos miscibles en los yacimientos de aceite. Las plantas de gas dióxido de carbono limpian y licúan el CO<sub>2</sub> que proviene del gas natural, posicionándolo estratégicamente para su mejor aprovechamiento dentro de la industria energética como en el caso de Alberta CA. Dado que la diversidad geográfica de esta provincia simplifica la logística y los costos de transporte, así como la reducción al mínimo en pérdidas del producto.

### V.V.IV Aplicaciones:

#### Estimulación de pozos:

Normalmente el dióxido de carbono es entregado a los pozos en estado líquido refrigerado y se bombea en este mismo estado.

#### Fracturamiento de pozos:

El dióxido de carbono tiene propiedades físicas y químicas que lo hacen único en el uso como herramienta de fracturamiento de pozos. El uso del dióxido de carbono como aditivo de los fluidos de fracturamiento hidráulico, fue desarrollado en 1960 y su uso se ha incrementado





sustancialmente en los últimos años. Dado su solubilidad en el agua, el dióxido de carbono ha demostrado ser un aditivo de activación eficaz en los tratamientos de fracturación hidráulica con las siguientes ventajas:

- Elimina la necesidad de utilizar fluidos de limpieza y su proceso de circulación, porque se evapora ;
- Proporciona limpiezas rápidas mientras que la velocidad de vaporización remueve lodos, arenas, etc;
- Remueve o previene bloqueos por agua o emulsiones;
- Tiene bajo grado de reacción con los ácidos hidroclorídricos en las calizas o dolomías, dando grandes beneficios alrededor del agujero del pozo durante los tratamientos con ácido;
- Previene el hinchamiento de la arcilla y precipitaciones de hidróxidos de hierro y aluminio;
- Reduce la pérdida de fricción de los fluidos base aceite; y
- Forma ácido carbónico cuando entra en contacto con una solución acuosa, resultando una solución que disuelve formaciones, e incrementa la permeabilidad.

#### **Inyección de fluidos miscibles en yacimientos de aceite:**

- El dióxido de carbono es usado en la industria petrolera como un fluido miscible para desplazar el aceite de los yacimientos maduros. La miscibilidad única del dióxido de carbono permite que entre en contacto con el aceite residual y que posteriormente empuje el aceite remanente hacia los pozos para producirlo.

#### **V.V.V ¿Cómo se produce el dióxido de carbono líquido?**

El dióxido de carbono recuperado proviene principalmente de la corriente de gas amargo de un proceso principal. Una vez capturado, el gas que entra a una planta de licuefacción de dióxido de carbono necesita ser comprimido a altas presiones para facilitar su purificación y licuefacción. Esto se hace en dos etapas con un refrigerador y un separador interetapas. Una cierta separación del dióxido de carbono toma lugar en la interetapa con la remoción de algunos compuestos de sulfuro ( $H_2S$  y  $COS$ ) junto con algunos componentes hidrocarburos. Después de la segunda etapa de compresión, y durante, el proceso de licuefacción, la purificación toma más prioridad. Al final este producto se almacena en tanques y después es transferido directamente a los camiones tanque para transportarse al mercado.



## V.VI Inventario 2008 de emisiones de CO<sub>2</sub>

Debido a que actualmente el proyecto Tres Hermanos MDL no ha realizado las operaciones planeadas, adicionalmente PEMEX tiene la obligación de presentar el Informe de Responsabilidad Social.

“Desde 2001, PEMEX elabora su inventario de GEI con base en el Sistema de Información de Seguridad y Protección Ambiental (SISPA) con objeto de monitorear su evolución y tomar las medidas necesarias para su control y mitigación. Así, en el período 2001-2008, PEMEX incrementó 31.7% sus emisiones de CO<sub>2</sub> al pasar de 40.1 a 54.9 MMT. Las causas de este incremento son múltiples.

En lo que respecta a 2008 en particular el incremento se debió principalmente a la libranza de gas amargo con alto contenido de nitrógeno por mantenimiento de equipos de compresión, al incremento en la producción y por fallas operativas en instalaciones costa afuera de PEMEX Exploración y Producción.

En la Región Marina Noroeste, dicha quema se debió a la insuficiencia de infraestructura superficial en el Proyecto de Cantarell, así como por el mantenimiento del oleoducto de la batería Potrero del Llano a la Planta Deshidratadora Naranjos, con lo cual se continúa quemando el gas del Campo Tres Hermanos. En la Región Marina Sureste, la quema de gas se originó por falta de equipo de compresión, por la entrada de pozos de producción, fallas en equipos de compresión, libranzas en ductos, paro de operación del CPQ Cactus, y represionamiento en líneas de bombeo neumático. En el CPG Cactus se registró la quema de gas debido a diversas contingencias ambientales registradas durante 2008, por corrida de diablos en LPG-ductos y gasoductos, fallas en plantas de azufre y mantenimiento de plantas de PEMEX Gas y Petroquímica Básica.<sup>14</sup>”

---

<sup>14</sup> Informe de Responsabilidad Social 2008. PEMEX



## Capítulo VI

### VI.I Antecedentes

*“Durante el periodo de explotación del campo Tres Hermanos el gas no se ha comercializado por falta de infraestructura y la falta de inversión para su explotación, sin embargo con el enfoque del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite negociar la venta de la reducción de emisiones a través de la certificación de las mismas, en un mercado que se desarrolla al amparo del Protocolo de Kioto, por esto PEMEX pretende evitar la quema de gas natural, aprovechar el gas producido, reducir las emisiones de los Gases Efecto Invernadero (GEI), y contribuir con el medio ambiente, así como mejorar la imagen de PEMEX ante la sociedad.”<sup>1</sup>*

Ante esta oportunidad PEMEX documenta en el “Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas” la estrategia de aprovechar el gas, pero debido a diferentes factores que intervienen en las actividades de PEMEX, el proyecto de implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) no ha podido llevarse a cabo en el campo Tres Hermanos, manteniendo así la quema de todo el gas producido.

Aunado a esto, un cambio en la metodología AM0009 el pasado 25 de Marzo de 2009, la cual modifica el cálculo de las emisiones en tCO<sub>2</sub>e, teniendo así que posponer la implementación del MDL para reevaluar la emisiones en del campo Tres Hermanos. Ya que el proyecto no comenzó como se había planeado en junio de 2008.

### VI.II Cálculo y actualización de datos

Para poder realizar el análisis y evaluación del campo Tres Hermanos se necesitan de las actualizaciones en la metodología AM0009 (versión 02. con la cual se elaboró el proyecto MDL Tres Hermanos) y el documento “Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas”, los cuales presentan los cambios que repercuten principalmente en su producción y en sus ingresos.

En primer lugar se presentan los cambios en la metodología AM0009 versión 04 con respecto a la versión 02, la cual nos proporciona nuevos parámetros para la estimación de las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (tCO<sub>2</sub>e) en el proyecto, y posibles escenarios base.

---

<sup>1</sup> Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas, Junio 2007.



Posteriormente se presentan los cambios en los pronósticos de producción para el horizonte 2009-2022 del campo Tres Hermanos, en base al documento “Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas”, el cual como ya se mencionó en el capítulo anterior integró el campo tres Hermanos dentro de su esquema de trabajo como un proyecto integral.

### VI.III Metodología AM0009 versión 04.<sup>2</sup>

En esta versión se incorporan diferentes definiciones, límites y herramientas que se muestran más adelante, sin incluir lo ya señalado en la versión 02<sup>3</sup>, a menos de que sea relevante o tenga cambios dentro de su metodología como en el caso de la “Aplicabilidad”, para revisar la metodología completa se puede revisar la siguiente dirección electrónica: <http://cdm.unfccc.int/methodologies>.

#### VI.III.I 1. Fuentes, definiciones y aplicabilidad.

Esta metodología incorpora las últimas versiones aprobadas de las herramientas siguientes:

- Herramienta para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> del proyecto y/o fugas en la combustión de combustibles fósiles.
- Herramienta para calcular las emisiones de la línea base, el proyecto y/o fugas debido al consumo de electricidad.
- Herramienta combinada para identificar el escenario de línea base y demostrar la adicionalidad.
- Herramienta para la demostración y aprobación de la adicionalidad. (anexado en la versión 4)

Para el propósito de esta metodología, se aplican las siguientes definiciones:

*Gas asociado*: gas natural encontrado en asociación con el aceite, también disuelto en el aceite o como casquete de gas libre sobre del aceite.

*Bombeo neumático*: un sistema artificial para la explotación de los pozos en la cual se inyecta gas dentro de la tubería de producción para reducir la presión hidrostática de la columna del fluido. La reducción de presión resultante en el fondo del pozo permite al líquido del yacimiento entrar pozo a un flujo más alto.

---

<sup>2</sup> UNFCCC.

<sup>3</sup> Capítulo 5.



*Gas del bombeo neumático (BN):* Gas a alta presión usado para el bombeo neumático en los pozos de aceite.

*Gas recuperado:* El gas asociado y/o gas del bombeo neumático recuperado del proyecto de pozos de aceite.

*Planta procesadora:* Unidad diseñada para separar o procesar hidrocarburos por procedimientos químicos, físicos o fisicoquímicos en orden de producir hidrocarburos comerciales y otros productos (ej. Sulfuro).

### **Aplicabilidad.**

La metodología es aplicable a las actividades del proyecto que recuperan y utilizan gas asociado y /o gas de BN de los pozos. El gas asociado y/o gas de BN que era quemado o venteado priorizará la implementación de las actividades del proyecto.

La metodología es aplicable bajo las siguientes condiciones;

- Bajo las actividades del proyecto, el gas recuperado será para:
  - Consumo en operación para satisfacer las demandas de energía; y/o
  - Transportado y comprimido en el gasoducto sin un procesamiento anterior y/o
  - Transportado a una planta de procesamiento donde es procesado para productos de hidrocarburos (ej. Gas seco, LPG y condensados) que serán transportados y vendidos a los consumidores finales.
- Las actividades del proyecto no llevarán cambios en los procesos de producción tales como incremento en la calidad o cantidad del aceite extraído, en los pozos dentro de los límites del proyecto.
- La inyección de cualquier gas dentro del yacimiento y en el sistema de producción será permitida en las actividades del proyecto con el único propósito de un proceso de BN;
- Todo el gas recuperado debe provenir de los pozos que están en operación y son productores de aceite y al mismo tiempo recuperar el gas asociado y/o el gas de BN;

Además, las condiciones de aplicabilidad incluidas en las herramientas referidas anteriormente serán aplicables.



Finalmente, la metodología es aplicable solamente si se identifica el escenario línea base:

- La continuación de la practica actual del venteo (escenario G1) o quema (escenario G2) del gas asociado y/o gas de BN; y
- La operación continua de la infraestructura existente del gas y el aceite sin proceso de ningún gas asociado y/o gas de BN recuperado y sin ningún otro cambio significativo (escenario P4); y
- En el caso donde el BN será utilizado bajo las actividades del proyecto: el gas de BN bajo la línea base usa la misma fuente que la actividad del proyecto y la misma cantidad como las actividades del proyecto (escenario 01).

### VI.III.II 2 Procedimiento de la metodología de la línea base

#### Limites del proyecto.

Los límites del proyecto abarcan:

- El proyecto de yacimientos de aceite y pozos de aceite donde el gas asociado y /o gas de BN será recolectado;
- El sitio donde el gas asociado y/o gas de BN fue quemado o venteado en ausencia de las actividades del proyecto.
- La recuperación del gas, el tratamiento previo, la transportación, infraestructura, e incluyendo donde sea aplicable compresores.
- La fuente de gas de BN.

Los gases de efecto invernadero (GEI) incluidos o excluidos por los límites del proyecto son mostrados en la tabla 6.1.

**Tabla 6.1. GEI incluidos en los límites del proyecto.**

	Fuente	Gas	¿Incluido ?	Justificación / Explicación
Línea base	Combustión de combustibles fósiles para usuarios finales que son producidos a partir de gas no asociado y otras Fuentes fósiles.	CO <sub>2</sub>	Si	Fuente principal de emisiones en la línea base.
		CH <sub>4</sub>	No	Fuente menor, se conserva la negligencia y descuido.
		N <sub>2</sub> O	No	Fuente menor, se conserve la negligencia y descuido.



<b>Actividades del proyecto</b>	Uso de energía para la recuperación, pre tratamiento, transporte y si fuera aplicable compresión para el gas recuperado	CO <sub>2</sub>	Si	Fuente principal de emisiones en el proyecto.
		CH <sub>4</sub>	Si	Se asume negligencia y descuido.
		N <sub>2</sub> O	si	Se asume negligencia y descuido.

A continuación se muestran los esquemas de ambas versiones en las actividades del proyecto para observar los cambios ocurridos.

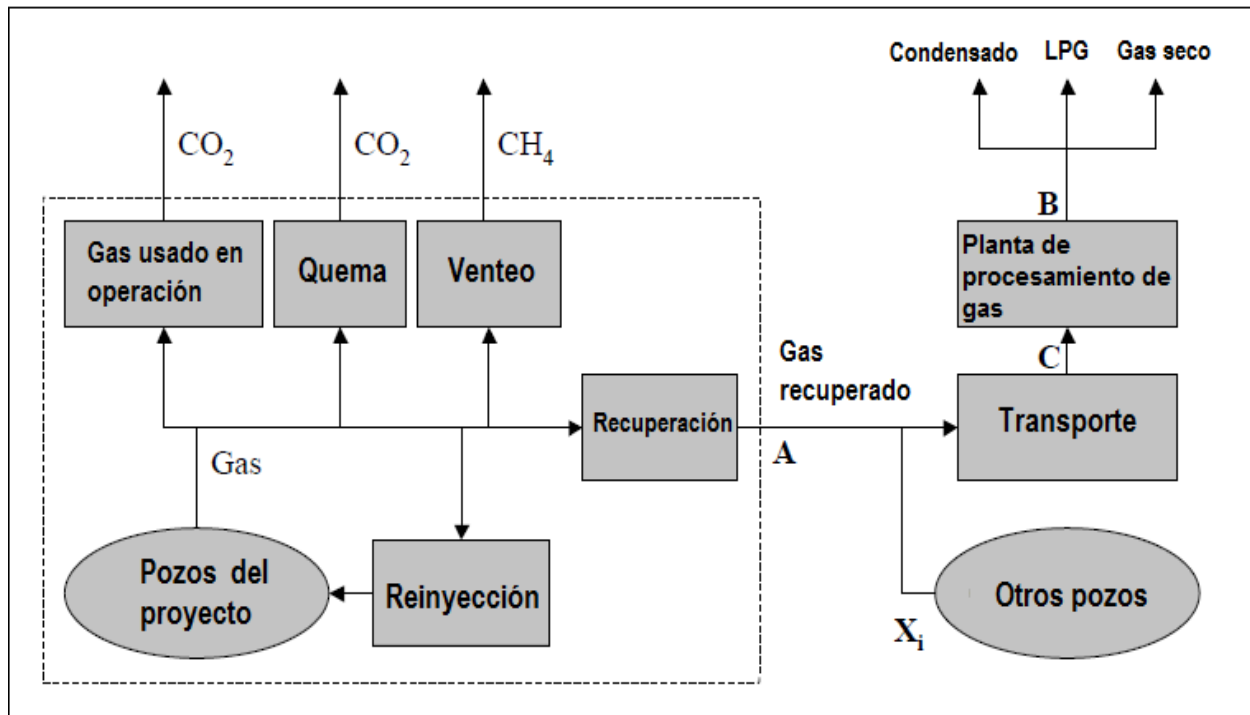


Figura 6.1. Esquema de las actividades del proyecto versión 02.

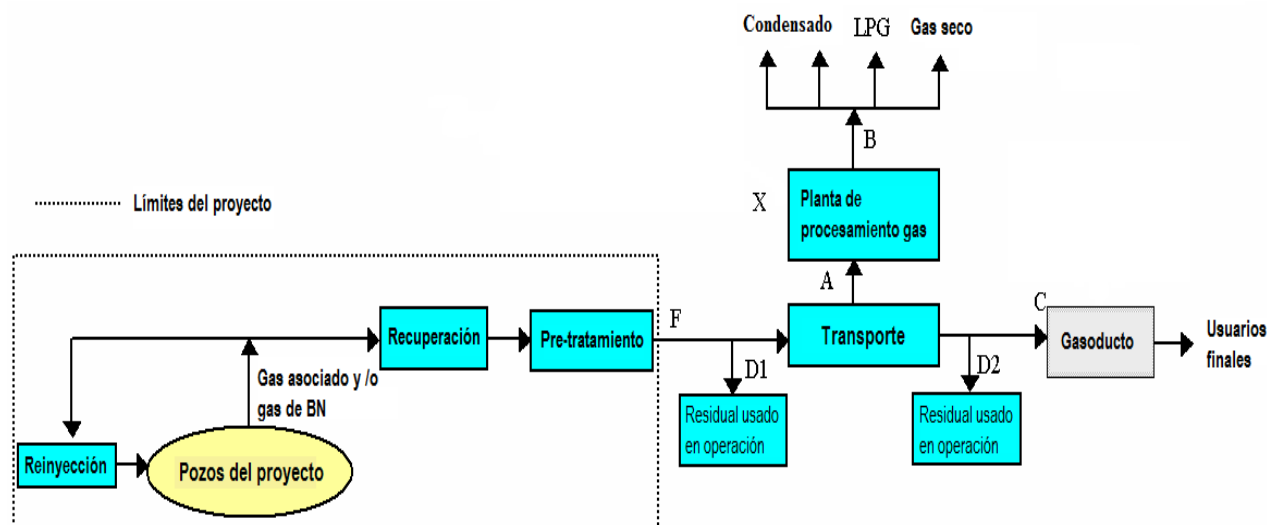


Figura 6.2. Esquema de las actividades del proyecto versión 04.

### Adicionalidad.

A diferencia de la versión 02 de la metodología, con la cual se estructuró y planeó el Proyecto Tres Hermanos, contaba con 5 escenarios posibles; en esta nueva versión se tienen diferentes escenarios con nuevas alternativas para una mejor identificación del escenario base y una mejor demostración de adicionalidad.

### Identificación del escenario línea base y demostración de adicionalidad.

Los participantes del proyecto aplicaran el procedimiento siguiente:

**Paso 1:** Identificación de los panoramas alternativos recomendables.

La actividad del proyecto involucra tres componentes principales dentro de las siguientes categorías:

- Los escenarios alternativos base para el gas asociado y/o gas de BN de pozos del proyecto. Escenarios G.
- Los escenarios alternativos base para la infraestructura del aceite y gas, deberán incluir las actividades del proyecto propuesto y todos los escenarios relevantes para cualquier planta de procesamiento de gas, tuberías, compresores, etc., ya sean nuevos o existentes. Y estos dependerán de la dificultad del contexto en que el que sea propuesto el proyecto. Escenarios P.





➤ Los escenarios alternativos base para el uso de bombeo neumático BN. Escenarios O. La identificación del escenario esta dado por las tres características antes mencionadas, y de acuerdo con el documento "Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas" en donde se menciona que el campo Tres Hermanos, continua con la quema de gas, y además no posee infraestructura para su procesamiento, el campo se encuentra dentro de las siguientes categorías:

- **G2:** quema del gas asociado y/o gas de BN en el sitio de producción del aceite.
- **P4:** Continuación de la operación de la infraestructura existente para aceite y gas sin procesamiento de ningún gas ya sea; gas asociado recuperado o gas de BN y sin ningún otro cambio significativo.
- **O5:** No se utiliza el sistema de bombeo neumático.

Para consultar todos los escenarios alternativos se puede consultar la metodología AM0009 versión 04.<sup>4</sup>

**Paso 2:** Evaluación de aspectos legales. (Sin cambios)

**Paso 3:** Evaluación de las alternativas económicamente atractivas.

La atracción económica se determina para esos escenarios alternativos que son factibles en términos económicos y que se identifiquen según lo permitido por la ley u otros acuerdos y estándares (industriales) en el paso 2. La atracción económica se calcula, determinando una tasa interna de retorno (TIR) de cada escenario alternativo, siguiendo la guía para el análisis de inversión en la última versión aprobada de "herramientas para la demostración y determinación de adicionalidad". La TIR deberá determinarse utilizando entre otras, los siguientes parámetros como aplicables al escenario relevante:

- La producción proyectada total de gas asociado y/o de gas de BN;
- La cantidad proyectada del gas recuperado, gas quemado, venteado, utilizado en producción, procesado en una planta de producción y/o enviado hacia el gasoducto
- El precio acordado para la entrega de gas recuperado (ej.; de una producción que comparte contrato) hasta el gasoducto o planta procesadora de gas (será operada por terceros)
- El valor neto calorífico del gas recuperado;
- Los gastos de inversión de capital para toda la infraestructura de aceite y gas necesarios en el escenario relevante, tal como las instalaciones para la recuperación del gas, tuberías y planta de procesamiento (si aplica) etc., (CAPEX);
- Toda el gasto operacional asociado con el escenario respectivo (OPEX);

<sup>4</sup> <http://cdm.unfccc.int/methodologies>.



- Todas los beneficios desde la operación de los escenarios alternativos, tales como los ganancias de vender gas procesado u otros productos de las planta procesadora o eléctrica del gas.
- Cualquier acuerdo compartido de la participación en los beneficios y el costo de recuperación tal como ahorro de costos a través de la sustitución de productos por el gas recuperado, si es aplicable.

Si el venteo o la quema de gas asociado en una locación dada, no está prohibida absolutamente, mas por el contrario esta conforme a multas e impuestos, el impacto de esos impuestos o multas deberán ser consideradas en el cálculo de la TIR.

El escenario alternativo que económicamente es el más atractivo se considera como el escenario línea base. Procediendo al siguiente paso, si la TIR de la actividad del proyecto es más baja que el índice de los participantes del proyecto (típicamente cercana al 10%) y si el escenario más plausible de la línea base no es la actividad del proyecto sin el registro como actividad proyecto MDL, entonces la actividad del proyecto no será adicional.

El DOE (Department of Energy) debe verificar que el valor de la TIR es típica para este tipo de inversión en el país huésped o anfitrión. Los cálculos se deben describir y documentar de forma transparente.

**Paso 4:** Análisis de la práctica común.

Aplicar el “análisis de la práctica común” siguiendo la guía para la inversión de análisis en la última revisión aprobada de la “herramienta para la demostración y determinación de adicionalidad”.

El proyecto puede ser juzgado como adicional si los requerimientos del análisis de la práctica común se satisfacen.

**VI.III.III Cálculo de las emisiones.**

Antes de estimar las emisiones de la línea base (BE) y las del proyecto (PE), es necesario realizar algunos cálculos de acuerdo a la composición del gas, para obtener los parámetros que la metodología requiere en el cálculo de emisiones, tomando en cuenta que por la disponibilidad de datos se consideró a este como un gas ideal.

Análisis Cromatográfico del campo Tres Hermanos, proporcionado por PEMEX, Activo Integral Poza Rica, Veracruz. Julio 2008.



Tabla 6.2. Análisis Cromatográfico.

Modulo1	BATERIA 3H-1		BATERIA 3H- 3		BATERIA 3H-4		MEZCLA	
	% MOL	VOL	% MOL	VOL	% MOL	VOL	% MOL	VOL
C1 (CH4)	41.69	2.251	43.88	1.58	40.1	1.203	41.95	5.034
C2	3.235	0.175	3.09	0.111	3.51	0.105	3.26	0.391
C3	2.37	0.128	2.23	0.08	2.78	0.083	2.431	0.292
iC4	0.27	0.015	0.25	0.009	0.3875	0.012	0.293	0.035
nC4	0.915	0.049	0.88	0.032	1.1575	0.035	0.965	0.116
iC5	0.3775	0.02	0.53	0.019	0.38	0.011	0.424	0.051
nC5	0.54	0.029	0.09	0.003	0.515	0.015	0.399	0.048
C6+	0.3375	0.018	0.74	0.027	0.505	0.015	0.5	0.06
N2	2.94	0.159	0.55	0.02	1.9625	0.059	1.979	0.237
CO2	47.325	2.556	47.76	1.719	48.7025	1.461	47.8	5.736
H2S	0	0	0	0	0.13	0.004	0.033	0.004
TOT	100	5.4	100	3.6	100	3.003	100	12
Q (MMpcd)		5.4		3.6		3		12

**Factor de Emisiones.**

Para obtener el Factor de Emisiones se necesita calcular el peso del componente en el gas, el poder calorífico del gas, Moles de carbón en el gas y el peso del carbón en el gas.

**Peso del componente en el gas.**

Se obtiene multiplicando el porcentaje Mol por el peso molecular del componente, y dividiendo posteriormente entre 100.

$$\text{Para el Metano} = \frac{\% \text{ Mol} \times \text{Peso del componente (g)}}{100}$$

$$\frac{41.95 \times 16}{100} = 6.71 \text{ g}$$

Los cálculos de todos los componentes se indican en la “tabla 6.3 cálculo del Factor de Emisiones”.

**Poder Calorífico del gas.**

Se obtiene multiplicando el porcentaje Mol por el poder calorífico del componente y dividiendo entre 100.

$$\text{Para el Metano} = \frac{\% \text{ Mol} \times \text{Poder calorífico del Metano (TJ/T)}}{100}$$
$$\frac{41.95 \times .04955}{100} = 0.021 \text{ TJ/T}$$

Los cálculos de todos los componentes se indican en la "tabla 6.3 cálculo del Factor de Emisiones".

**Moles de Carbono en el gas.**

Se obtienen multiplicando el porcentaje Mol por las Moles de Carbono en el componente y dividiendo entre 100.

$$\text{Para el Metano} = \frac{\% \text{ Mol} \times \text{Moles de carbono en el componente}}{100}$$
$$\frac{41.95 \times 1}{100} = 0.420 \text{ Moles}$$

Los cálculos de todos los componentes se indican en la "tabla 6.3 cálculo del Factor de Emisiones".

**Peso del carbón en el gas.**

Se obtiene multiplicando las Moles de Carbono contenidas en el gas por el peso molecular del Carbono.

$$\text{Para el Metano} = \text{Moles de Carbono en el gas} \times \text{Peso molecular del Carbono (g)}$$
$$0.420 \times 12 = 5.034 \text{ (g)}$$

Los cálculos de todos los componentes se indican en la "tabla 6.3 cálculo del Factor de Emisiones".



**Factor de Emisiones.**

Se calcula utilizando los valores obtenidos para cada uno de sus componentes, y la suma total de estos, como se muestra a continuación:

$$EF = \frac{\text{Peso del Carbono (g)} \times \frac{44}{12} \times \text{Peso Total de los componentes en el gas (g)}}{\text{Factor de oxidación}}$$

$$EF = \frac{13.885 \times \frac{44}{12} \times 31.53}{0.995} = 1.61 \frac{gCO_2}{gGas}$$

O bien

$$1.61 \frac{T_{CO_2}}{T}$$

**Factor de Emisiones por unidad de energía.**

Se obtiene dividiendo el Factor de Emisiones de entre el Poder calorífico del gas.

$$EF = \frac{\text{Factor de Emisiones de } CO_2 \left( \frac{T_{CO_2}}{T} \right)}{\text{Poder Calorífico del gas} \left( \frac{TJ}{T} \right)}$$

$$EF = \frac{1.61}{0.025} = 65.2 \left( \frac{T_{CO_2}}{TJ} \right)$$

**Tabla 6.3. Cálculo del Factor de Emisiones.**

Factor de Emisión en ton de CO2 / ton de gas									
Componente	Composición	Peso Mol del componente	Peso del componente en el gas	Poder Calorífico del gas	Moles de Carbono en el componente	Moles de Carbono en el Gas	Peso del Carbono	Factor de emisiones en CO2	Factor de emisiones en CO2 del gas
	mol %		g	TJ/T			g	tCO2/T	tCO2/TJ
Metano	41.95	16.00	6.71	0.021	1	0.420	5.034	Factor de oxidación 0.995	
Etano	3.26	30.00	0.98	0.002	2	0.065	0.782		
Propano	2.43	44.00	1.07	0.001	3	0.073	0.875		
i-C4	0.29	58.00	0.17	0.000	4	0.012	0.141		
n-C4	0.97	58.00	0.56	0.000	4	0.039	0.463		
iC5	0.42	72.00	0.31	0.000	5	0.021	0.254		
nC5	0.40	72.00	0.29	0.000	5	0.020	0.239		
Hexano	0.50	84.00	0.42	0.000	6	0.030	0.360		
Dióxido de Carbono	47.80	44.00	21.03		1	0.478	5.736		
Gas Total	98.02		31.53	0.025		1.157	13.885	1.61	65.2



#### VI.III.IV Emisiones línea base.

Los efectos exactos de las emisiones son difíciles de determinar y podría requerir de un análisis de la cadena entra en el suministro de combustible hasta los usuarios finales para las actividades del proyecto y el escenario base. Esta metodología provee un cálculo simplificado y conservador de la reducción de emisiones, asumiendo que el uso del gas recuperado desplace el uso del Metano - el combustible fósil con las emisiones directas de CO<sub>2</sub> más bajas. Las emisiones del procesamiento y el transporte de combustibles hasta los usuarios finales se descartan para las actividades del proyecto y el escenario base, pues se asume que estas emisiones son similares en su magnitud y nivel.

Las emisiones del escenario base se calculan de la siguiente manera:

$$BE_y = V_{F,y} \times NCV_{Rg,F,y} \times EF_{CO_2, \text{Metano}}$$

Donde:

$BE_y$  = Emisiones del escenario Base durante el período y, (tCO<sub>2</sub>e)

$V_{F,y}$  = Volumen total del gas recuperado medido en el Punto F en la figura 6.2, después del pre-procesamiento y antes de la parte de gas recuperado que posiblemente puede ser usado en operación, durante el período y, (Nm<sup>3</sup>).

$NCV_{Rg,F,y}$  = Poder Calorífico Inferior del gas recuperado medido en el punto F en la figura 6.2 durante el período y, (TJ/Nm<sup>3</sup>).

$EF_{CO_2, \text{Metano}}$  = Factor de emisiones en CO<sub>2</sub> para el Metano (tCO<sub>2</sub>/TJ)

Antes de comenzar con el cálculo de emisiones del escenario base, es necesario aclarar que el volumen total de gas recuperado se expresará en [T] y no en [Nm<sup>3</sup>] como lo marca la metodología, debido a que el Poder Calorífico del Gas, se encuentra en [TJ/T] y no en [TJ/Nm<sup>3</sup>], y debido a los pocos datos con los que se cuenta se determino realizarlos de esta forma para mantener las unidades consistentes.



**Cálculo de MMPC a Toneladas.**

**Tabla 6.4. Equivalencia calculada para el CO<sub>2</sub>.**

<b>Cálculo de toneladas de CO<sub>2</sub></b>			
<b>1 ton =</b>	1000	kg	
<b>1 metro cubico =</b>	1000	litros	
<b>1 mol CO<sub>2</sub> =</b>	44.0	g	(CO <sub>2</sub> = 12.0 + 31.9988 )
<b>1 ton contiene</b>	22722	moles de CO <sub>2</sub>	( 1000000 / 44.0 )
<b>1 mol =</b>	24.47	litros	(Ley de Boyle a 25 °C y 1 atm de presión)
<b>volumen de 1 ton de CO<sub>2</sub> =</b>	22722	moles x	24.47 L/mol = 556011 L = 556 m <sup>3</sup>
<b>1 ton de CO<sub>2</sub> ocupa</b>	556	m <sup>3</sup>	
<b>1 pie<sup>3</sup> =</b>	0.0283	m <sup>3</sup>	
<b>1MMPC de CO<sub>2</sub>=</b>	51	ton de CO <sub>2</sub>	

**Tabla 6.5. Equivalencias calculadas para todos los componentes.**

<b>Equivalencias de MMPC a toneladas según el gas.</b>			
<b>1MMPC de CH<sub>4</sub></b>	=	19	ton de CH <sub>4</sub>
<b>1MMPC de C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></b>	=	35	ton de C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
<b>1MMPC de C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></b>	=	51	ton de C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
<b>1MMPC de C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></b>	=	67	ton de C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
<b>1MMPC de C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></b>	=	83	ton de C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
<b>1MMPC de C<sub>6</sub>H<sub>14</sub></b>	=	100	ton de C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
<b>1MMPC de CO<sub>2</sub></b>	=	51	ton de CO <sub>2</sub>

Posteriormente se calcula el volumen de cada componente en el gas debido a la producción, esto se hace de la siguiente forma:

Metano:

$$Volumen\ anual\ de\ componente = \frac{\%volumen}{100} \times volumen\ total\ de\ producción\ anual\ (MMMPC)$$

$$Volumen\ anual\ de\ componente = \frac{41.94\ \%}{100} \times 7665 = 3214\ MMMPC$$



Tabla 6.6. Volúmenes Calculados para todos los componentes.

Volumen correspondiente a cada componente de acuerdo a la producción anual (MMPC)														
Elemento	% Vol	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
C1 (CH4)	41.94	3214	3061	2755	2449	2143	1837	1684	1531	1378	1225	1071	918	765
C2	3.26	250	238	214	190	166	143	131	119	107	95	83	71	59
C3	2.43	186	178	160	142	124	107	98	89	80	71	62	53	44
iC4	0.29	22	21	19	17	15	13	12	11	10	9	7	6	5
nC4	0.97	74	71	63	56	49	42	39	35	32	28	25	21	18
iC5	0.42	33	31	28	25	22	19	17	16	14	12	11	9	8
nC5	0.40	31	29	26	23	20	18	16	15	13	12	10	9	7
C6+	0.50	38	36	33	29	26	22	20	18	16	15	13	11	9
N2	1.97	151	144	130	115	101	86	79	72	65	58	50	43	36
CO2	47.78	3663	3488	3139	2791	2442	2093	1919	1744	1570	1395	1221	1046	872
H2S	0.03	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
TOT	100.00	7665	7300	6570	5840	5110	4380	4015	3650	3285	2920	2555	2190	1825

**Cálculo de Toneladas.**

Las Toneladas de cada uno de los componentes se obtienen a partir del volumen de cada uno de los componentes por los algoritmos obtenidos anteriormente e indicados en la tabla 6.5.

Metano:

$$T \text{ anuales del componente} = \text{Vol anual del componente (MMPC)} \times \text{equivalencia calculada} \left( \frac{T}{\text{MMPC}} \right)$$

$$T \text{ anuales de componente} = 3214 \times 19 = 59676 \text{ Toneladas anuales.}$$

Tabla 6.7. Cálculo de Toneladas anuales.

Toneladas totales y correspondientes a cada componente de acuerdo a la producción anual														
Elemento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
C1 (CH4)	59676	56834	51151	45467	39784	34100	31259	28417	25575	22734	19892	17050	14208	
C2	8688	8274	7447	6619	5792	4964	4551	4137	3723	3310	2896	2482	2069	
C3	9515	9062	8155	7249	6343	5437	4984	4531	4078	3625	3172	2718	2265	
iC4	1503	1432	1288	1145	1002	859	787	716	644	573	501	429	358	
nC4	4982	4745	4270	3796	3321	2847	2610	2372	2135	1898	1661	1423	1186	
iC5	2719	2590	2331	2072	1813	1554	1424	1295	1165	1036	906	777	647	





nC5	2559	2437	2193	1950	1706	1462	1340	1219	1097	975	853	731	609
C6+	3821	3639	3275	2911	2547	2183	2001	1819	1637	1456	1274	1092	910
CO2	186534	177651	159886	142121	124356	106591	97708	88826	79943	71060	62178	53295	44413
TOTAL (t/año)	279996	266663	239996	213330	186664	159998	146664	133331	119998	106665	93332	79999	66666

### Cálculo de las emisiones de escenario base (EB).

Una vez obtenido el volumen de producción en toneladas se utiliza el algoritmo de la metodología para calcular las emisiones del escenario base (EB).

Ahora las emisiones del escenario base se calculan de la siguiente manera:

$$BE_y = V_{F,y} \times NCV_{Rg,F,y} \times EF_{CO_2, \text{Metano}}$$

Donde:

$BE_y$  = Emisiones del escenario Base durante el período y, (tCO<sub>2</sub>e)

$V_{F,y}$  = Volumen total del gas recuperado medido en el Punto F en la figura 6.2, después del pre-procesamiento y antes de la parte de gas recuperado que posiblemente puede ser usado en operación, durante el período y, (T).

$NCV_{Rg,F,y}$  = Poder Calorífico Inferior del gas recuperado medido en el punto F en la figura 6.2 durante el período y, (TJ/T).<sup>5</sup>

$EF_{CO_2, \text{Metano}}$  = Factor de emisiones en CO<sub>2</sub> para el metano (tCO<sub>2</sub>/TJ)<sup>6</sup>

Para el año 2010 obtenemos lo siguiente:

$$BE = 279996 \times 0.025 \times 49.55 = 341,701 \text{ (TCO}_2\text{e)}$$

A continuación se muestra la tabla con los cálculos para el horizonte de producción 2010-2022, que indica el "Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas".

<sup>5</sup> Calculado en la tabla 6.3.

<sup>6</sup> Valor de 49.55 [tCO<sub>2</sub>/TJ] tomado de <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/coefficients.html>, como lo especifica la metodología AM0009 versión 04.



Tabla 6.8. Emisiones del Escenario Base (BE) para el horizonte de producción.

Emisiones del Escenario Base (BE) en tCO2e								
Año	gas (Nm3)	=	Gas (T)	x	NCV (TJ/T)	x	EFCO2 para el Metano (tCO2/TJ)	= tCO2e Totales BE
2008	566336932				----			
2009	566336932				----			
2010	594653778	=	279996	x	0.025	x	49.55	= 341,701
2011	566336932	=	266663	x	0.025	x	49.55	= 325,430
2012	509703239	=	239996	x	0.025	x	49.55	= 292,887
2013	453069545	=	213330	x	0.025	x	49.55	= 260,344
2014	396435852	=	186664	x	0.025	x	49.55	= 227,801
2015	339802159	=	159998	x	0.025	x	49.55	= 195,258
2016	311485313	=	146664	x	0.025	x	49.55	= 178,986
2017	283168466	=	133331	x	0.025	x	49.55	= 162,715
2018	254851619	=	119998	x	0.025	x	49.55	= 146,443
2019	226534773	=	106665	x	0.025	x	49.55	= 130,172
2020	198217926	=	93332	x	0.025	x	49.55	= 113,900
2021	169901080	=	79999	x	0.025	x	49.55	= 97,629
2022	141584233	=	66666	x	0.025	x	49.55	= 81,357

### VI.III.V Emisiones del proyecto.

Las siguientes fuentes<sup>7</sup> de emisiones del proyecto se consideran en esta metodología:

- Las emisiones del CO2 debidas al consumo de combustibles fósiles para la recuperación, pre tratamiento, transporte y si fuera aplicable, la compresión de el gas recuperado hasta los puntos A y C en la figura 6.2;
- Las emisiones de CO2 debido al uso de la electricidad para la recuperación, pre tratamiento, transporte y si fuera aplicable, la compresión del gas recuperado hasta los puntos A y C figura 6.2.

Las emisiones del proyecto son calculadas como sigue:

$$PE_y = PE_{CO_2, \text{ combustibles fósiles, } y} + PE_{CO_2, \text{ elec, } y}$$

<sup>7</sup> Otras Fuentes de emisiones del proyecto tales como emisiones por fugas, venteo y quema durante la recuperación, transporte y procesamiento de gas recuperado se asume que son de magnitud similar en el escenario línea base.



Donde:

$PE_y$  = emisiones del proyecto en el periodo (tCO<sub>2</sub>e)

$PE_{CO_2, \text{ combustibles fósiles}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> debido al consumo de combustibles fósiles, para la recuperación, pre tratamiento, transporte, y si fuera aplicable compresión del gas recuperado hasta los puntos A y C figura 6.2 durante el periodo y (tCO<sub>2</sub>e)

$PE_{CO_2, \text{ elec, } y}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> debido al uso de electricidad para recuperación, pre tratamiento, transporte y si fuera aplicable, compresión del gas recuperado hasta los puntos A y C en la figura 6.2 durante el periodo y (tCO<sub>2</sub>e).

### Emisiones del proyecto debido al consumo de combustibles fósiles.

Emisiones del proyecto  $PE_{CO_2, \text{ combustibles fósiles}}$  debido el consumo de combustibles fósiles, incluyendo el gas recuperado, y si fuera aplicable para la recuperación, pre tratamiento, transporte y si fuera aplicable la compresión del gas asociado son calculados aplicando la última versión aprobada de la “herramienta para calcular emisiones de proyectos y/o fugas de CO<sub>2</sub> debido a la combustión de combustibles fósiles” donde j corresponde al proceso de combustión (ej.; compresor) todas las fuentes de emisión aplicables deben ser documentados transparentemente en el MDL- PDD y reportes de monitoreo.

Las emisiones debido a consumo de combustibles fósiles se calculan utilizando la “herramienta para calcular emisiones de proyectos y/o fugas de CO<sub>2</sub> debido a la combustión de combustibles fósiles” como se muestra a continuación.

### “Herramienta para calcular emisiones de proyectos y/o fugas de CO<sub>2</sub> debido a la combustión de combustibles fósiles”<sup>8</sup>

Las emisiones debido a la combustión de combustibles fósiles en los procesos j son calculadas en base a la cantidad de combustibles consumidos y al coeficiente de emisiones en CO<sub>2</sub> de estos combustibles, como se muestra:

$$PE_{FC,j,y} = \sum_i FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y}$$

<sup>8</sup> <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>



Donde:

$PE_{FC,j,y}$  = son las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la combustión de combustibles fósiles en procesos  $j$  durante el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/año)

$FC_{i,j,y}$  = es la cantidad de combustibles tipo  $i$  consumido en el procesos  $j$  durante el año (unidades de masa o volumen /año)

$COEF_{i,y}$  = Es el factor de emisiones en CO<sub>2</sub> de combustible  $i$  en un año (tCO<sub>2</sub>/ unidades de masa o volumen)

$i$  = son los tipos de combustibles consumidos en procesos  $j$  durante el año  $y$ .

El factor de emisiones en CO<sub>2</sub>  $COEF_{i,y}$  pueden ser calculados utilizando dos opciones, (en este proyecto se utiliza la opción B) dependiendo de la disponibilidad de datos sobre el tipo de combustible 1, como se muestra a continuación:

**Opción B:** el coeficiente de emisión en CO<sub>2</sub>  $COEF_{i,y}$  es calculado en base al poder calorífico inferior y al factor de emisiones del tipo de combustible  $i$ , como se muestra:

$$COEF_{i,y} = NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i,y}$$

Donde:

$COEF_{i,y}$  = Es el coeficiente de emisión en CO<sub>2</sub> del tipo de combustible  $i$  en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/ unidad de masa o volumen)

$NCV_{i,y}$  = Es el valor promedio del poder calorífico inferior del tipo de combustible  $i$  en el año  $y$  (GJ/unidad de masa o volumen)

$EF_{CO_2,i,y}$  = Es el valor promedio del factor de emisiones en CO<sub>2</sub> del tipo de combustible  $i$  en el año  $y$  (tCO<sub>2</sub>/GJ)

$i$  = son los tipos de combustible en procesos  $j$  durante en año  $y$ .

Estos datos se encuentran en la tabla 6.3. Cálculo de Factor de Emisiones.

$$COEF = NCV \left( \frac{GJ}{T} \right) \times EF_{CO_2} \left( \frac{TCO_2}{GJ} \right)$$

$$COEF = 24.6 \left( \frac{GJ}{T} \right) \times 0.065 = 1.61 \left( \frac{TCO_2}{T} \right)$$



Una vez obtenido el COEF se calculan las emisiones emitidas por la combustión de combustibles fósiles, utilizando sólo la cantidad de combustibles referente a los hidrocarburos tomados de la tabla 6.6. Cálculo de Toneladas Anuales, y posteriormente se incorporan las toneladas de CO<sub>2</sub> para obtener las emisiones totales del Proyecto.

Año 2010:

$$FC \left( \frac{Tgas}{año} \right) = T C_1 + T C_2 + T C_3 + T iC_4 + T nC_4 + T iC_5 + T nC_5 + T C_{6+}$$

$$FC \left( \frac{Tgas}{año} \right) = 59676 + 8688 + 9515 + 1503 + 4982 + 2719 + 2559 + 3821$$

$$FC \left( \frac{Tgas}{año} \right) = 93,462 \left( \frac{Tgas}{año} \right)$$

#### Estimación de las Emisiones del Proyecto (PE).

$$PE = FC \left( \frac{Tgas}{año} \right) \times COEF \left( \frac{TCO_2}{Tgas} \right)$$

$$PE = 93,462 \times 1.61 = 150,143 \text{ (TCO}_2\text{e)}$$

Las toneladas de CO<sub>2</sub> no reaccionan durante la combustión pero son emitidas durante la misma y se contabilizan para el cálculo de las emisiones del proyecto, ya que en la actualidad se continúa con la quema de todo el gas en el campo Tres Hermanos y esto hace que el combustible sea el mismo gas producido.

$$PE \text{ totales} = PE \text{ (TCO}_2\text{e)} + TCO_2e$$

$$PE \text{ totales} = 150,143 + 185,601 = 335,744 \text{ (TCO}_2\text{e)}$$

A continuación se muestra la tabla con los cálculos de las emisiones del proyecto para el horizonte de producción 2012-2022.



Tabla 6.9. Emisiones de Proyecto (PE).

Emisiones del proyecto o por fugas debido a la combustión de combustibles fósiles								
Año	PE (tCO2/año) =	FC (t de gas/año)	x	COEF (tCO2/t)	=	tCO2e/año por quema de combustible	t CO2	PE (tCO2e/año) Totales
2008	----	----	---	----		----	----	----
2009	----	----	---	----		----	----	----
2010	PE =	93,462	x	1.6	=	150,143.14	185,601	<b>335,744</b>
2011	PE =	89,012	x	1.6	=	142,993.47	176,763	<b>319,756</b>
2012	PE =	80,110	x	1.6	=	128,694.12	159,087	<b>287,781</b>
2013	PE =	71,209	x	1.6	=	114,394.77	141,410	<b>255,805</b>
2014	PE =	62,308	x	1.6	=	100,095.43	123,734	<b>223,829</b>
2015	PE =	53,407	x	1.6	=	85,796.08	106,058	<b>191,854</b>
2016	PE =	48,956	x	1.6	=	78,646.41	97,220	<b>175,866</b>
2017	PE =	44,506	x	1.6	=	71,496.73	88,381	<b>159,878</b>
2018	PE =	40,055	x	1.6	=	64,347.06	79,543	<b>143,890</b>
2019	PE =	35,605	x	1.6	=	57,197.39	70,705	<b>127,903</b>
2020	PE =	31,154	x	1.6	=	50,047.71	61,867	<b>111,915</b>
2021	PE =	26,703	x	1.6	=	42,898.04	53,029	<b>95,927</b>
2022	PE =	22,253	x	1.6	=	35,748.37	44,191	<b>79,939</b>

### VI.III.VI Reducción emisiones.

La reducción de emisiones es calculada como sigue:

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

Donde:

$ER_y$  = Reducción de emisiones en el período y (tCO2 e)

$BE_y$  = Emisiones de la línea base en el periodo y (tCO2 e)

$PE_y$  = Emisiones del proyecto en el periodo y (tCO2 e)

### VI.IV Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas.

A continuación se muestran los cambios en monto y alcance incluyendo el horizonte de producción para el Proyecto Integral Poza Rica, junio 200, pero calculados a pesos de 2009, con el cual se realizará su análisis y evaluación al final de este capítulo.



### VI.IV.I Producción del Proyecto Tres Hermanos.

Para el caso de Tres Hermanos, los perfiles de producción se presentan en las siguientes tablas tomando solo los datos de este campo, en el horizonte 2010-2022.

**Tabla 6.10. Perfil de producción de aceite del campo Tres Hermanos (MBD).**

Producción Aceite (MBd)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Base	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3
Incremental	10	10	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	2
Total	19	18	15	14	12	12	10	9	8	7	6	5	5

**Tabla 6.11. Perfil de producción de gas del campo Tres Hermanos (MMPCD).**

Producción Gas (MMPCd)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Base	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1
incremental	17	16	15	13	11	10	9	8	7	6	6	5	4
Total	21	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6	5

### VI.IV.II Programa de inversiones y gastos

La inversión estratégica y operacional<sup>9</sup> del área Tres Hermanos está estimada a pesos de 2009 y se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6.12. Valores estimados a pesos de 2009.**

Inversión MM\$	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Estratégica	212	152	171	56	57	56	55	57	55	49	53	49	49
Operacional	261	163	169	160	146	127	125	139	108	101	104	103	100
Total MM\$ (2009)	473	315	339	216	203	183	180	196	163	150	157	152	149

<sup>9</sup> Los componentes de cada una de las inversiones se encuentra a detalle en la tabla 20 de "Análisis Costo - Beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas"



Los gastos de operación incluyen principalmente conceptos como compras interorganismos, materiales, servicios generales, compras de gas para bombeo neumático y mano de obra, el total del gasto de operación se muestra en la siguiente Tabla 6.13.

**Tabla 6.13. Valores a pesos de 2009.**

Gastos de Operación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
MM\$ (2009)	205	175	159	141	125	112	99	88	77	66	59	51	46

El proyecto Poza Rica cuenta con inversión autorizada incluida dentro del presupuesto de Proyectos de Inversión de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (PIDIREGAS). El financiamiento PIDIREGAS sería hasta 2010 y posteriormente recursos programables, pero debido a cambios en el esquema de proyectos de PEMEX, este tipo de Financiamientos han desaparecido y por lo tanto no se tomaran en cuenta para su análisis y evaluación.

#### Supuestos económicos.

Se considera una tasa de descuento del 12% anual, un tipo de cambio de 14.5 pesos por dólar y precios de crudo y gas natural de 63.73 dls/bl y 7.1 dls/mpc respectivamente para el horizonte de producción de PEMEX 2009-2022, son tomados como base para la evaluación económica del proyecto.

#### VI.IV.III Análisis y Evaluación Económica.

Con base a los datos anteriores se comienza con la evaluación económica del proyecto, planteando diferentes escenarios y posibles alternativas para obtener el máximo rendimiento del Valor Presente Neto, tomando en cuenta la disposición de datos y las consideraciones con las que se realizaron los cálculos.

**Tabla 6.14. Valores estimados para el horizonte de producción.**

Supuestos económicos estimados para el horizonte 2010 - 2023	
Precio del crudo	63.73 dls/bl
Precio del gas	7.1 dls/mpc
Paridad del dólar	14.5 pesos/dólar
Tasa de descuento	12%
Inflación 2007 (Banco de México)	3.23
Inflación 2008 (Banco de México)	6.04
Inflación Total	109%





**Cálculo de ingresos.**

Los ingresos debido a la producción de aceite se calculan de la siguiente forma:

Para el año 2010:

$$\text{Ingresos aceite (MM\$)} = \frac{\text{Producción de aceite (MBD)} \times \text{precio del crudo} \left(\frac{\text{dls}}{\text{bl}}\right) \times \text{paridad dolar} \left(\frac{\$}{\text{dl}}\right) \times \text{año}}{1000}$$

$$\text{Ingresos aceite (MM\$)} = \frac{19 \times 63.73 \times 14.5 \times 365}{1000} = 6409 \text{ (MM\$)}$$

**Tabla 6.15. Ingresos calculados para el horizonte 2010-2022.**

Ingresos (MM\$)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aceite	6409	6071	5059	4722	4047	4047	3373	3036	2698	2361	2024	1686	1686

A continuación se muestran los diferentes escenarios planteados con las alternativas para el mejor aprovechamiento de la producción de aceite y gas, además de la implementación del MDL de acuerdo a la Metodología AM0009 ver. 04 la cual dispone un nuevo arreglo en los límites del proyecto.

**VI.IV.IV Escenario 1**

Esta opción es la que actualmente se practica, pero no está contemplada en el documento del “Análisis costo - beneficio del proyecto integral Poza Rica Pidiregas”, o por lo menos no en su totalidad, ya que el gas se continua quemado en el campo Tres Hermanos y no existe la implementación del MDL, propuesto para su incorporación en Junio de 2008, mas sin en cambio, si está contemplada la inversión para los separadores de membrana necesarios para el MDL, ya que fueron estipulados en la cartera de proyectos de 2008.

Características del escenario:

➤ **Quema de gas.**

- ❖ Los ingresos del proyecto disminuyen con relación al estimado en el documento “costo - Beneficio” ya que no existe la venta de los bonos de carbono.



- ❖ No hay percepción de ingresos por la venta del gas recuperado por el MDL.
- ❖ Penalización por Incumplimiento de contrato en la implementación del MDL.
- ❖ Contribución al Cambio Climático debido a la emisión de gases de efecto invernadero.

➤ **Inversión para el MDL.**

- ❖ Subejercicio de recursos financieros por la No implementación del MDL.
- ❖ Desviación de fondos, que podrían ser utilizados en otros proyectos.

**Flujo de Efectivo.**

Se calcula descontado la inversión y los gastos operación a los ingresos obtenidos por la venta de aceite.

**Tabla 6.16. Flujo de Efectivo.**

<b>Escenario 1: Proyecto sin MDL</b>													
<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>Ingresos aceite (MM\$)</b>	6409	6071	5059	4722	4047	4047	3373	3036	2698	2361	2024	1686	1686
<b>Inversión (MM\$)</b>	473	315	339	216	203	183	180	196	163	150	157	152	149
<b>Costos (MM\$)</b>	205	175	159	141	125	112	99	88	77	66	59	51	46
<b>FE</b>	<b>5731</b>	<b>5581</b>	<b>4561</b>	<b>4365</b>	<b>3720</b>	<b>3753</b>	<b>3095</b>	<b>2752</b>	<b>2459</b>	<b>2145</b>	<b>1808</b>	<b>1483</b>	<b>1492</b>

**Valor Presente Neto (VPN) y Valor Presente de Inversión (VPI).**

Se calcula en una hoja de Excel utilizando los datos de la tabla 6.16.

**Tabla 6.17. Indicadores Financieros para el escenario 1.**

<b>VPN ANTES DE IMPUESTOS SIN FINANCIAMIENTO</b>	
<b>VPN (MM\$)</b>	<b>\$ 27,922</b>
<b>VPI (MM\$)</b>	<b>\$ 1,843</b>
<b>VPN/VPI</b>	<b>15.2</b>



### VI.IV.V Escenario 2.

Esta opción plantea el escenario más cercano a la implementación del MDL, con base a la metodología AM0009 versión 02, ya que supone la recuperación de aproximadamente el 25% del total del gas, que pertenece al gas y condensados capturados en los separadores de membrana, y considera los ingresos por venta de bonos de carbono, además de las inversiones y costos del escenario 1, los cuales son idénticos en los tres escenarios.

Características del escenario:

- **Quema de gas.**
  - ❖ Continúa la quema del gas remanente obtenido de los separadores de membrana, principalmente venteo de CO<sub>2</sub>.
  - ❖ Desarrollo de Proyectos en el esquema de Metano a Mercados (M2M), para minimizar las emisiones de este gas.
  - ❖ Contribución al Cambio Climático debido a la emisión de gases de efecto invernadero.
- **Inversión para el MDL.**
  - ❖ Utilización de recursos designados para el campo Tres Hermanos.
- **Implementación del MDL original.**
  - ❖ Ingresos por la venta de Bonos de Carbono.
  - ❖ Ingresos por la venta del Gas Recuperado.
  - ❖ Recuperación de gas y condensados.
- **Mayor rendimiento en el Valor Presente Neto (VPN).**
  - ❖ Aumento del 3.6% del VPN con respecto al del escenario 1, equivalente a 1013.5 MM\$.
  - ❖ Ingresos No Fiscalizables debido a la venta de CER.

Los ingresos debido a la venta de Bonos de Carbono, se calcularon a partir de los datos del Banco de México (BANXICO), Junio de 2009.

**Tabla 6.18. Datos del Banco de México.**

<b>Banco de México (junio 2009)</b>			
<b>Precio de CER (euros)</b>	<b>6.35</b>	<b>dólar por euro</b>	<b>1.4028</b>
<b>paridad dólar</b>	<b>14.5</b>	<b>euro</b>	<b>18.47796</b>

Ingresos estimados por venta de Bonos de Carbono en campo Tres Hermanos.



Tabla 6.19. Ingresos por venta de Bonos de Carbono.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Emisiones al 25% (T)	85,425	81,357	73,222	65,086	56,950	48,814	44,747	40,679	36,611	32,543	28,475	24,407	20,339
Ingresos por CER's (MM\$)	11	11	9	8	7	6	6	5	5	4	4	3	3

**Flujo de Efectivo.**

Se calcula descontado la inversión y los gastos operación a los ingresos obtenidos por la venta de aceite, gas y los Bonos de Carbono.

Tabla 6.20. Flujo de Efectivo.

Evaluación con MDL (reducción 25% de las emisiones)													
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ingresos aceite (MM\$)	6409	6071	5059	4722	4047	4047	3373	3036	2698	2361	2024	1686	1686
Ingresos gas recuperado (25% GAS) (MM\$)	197	188	169	150	132	113	103	94	85	75	66	56	47
Ingresos Bonos ajustados (MM\$)	11	11	9	8	7	6	6	5	5	4	4	3	3
Inversión (MM\$)	473	315	339	216	203	183	180	196	163	150	157	152	149
Gastos (MM\$)	205	175	159	141	125	112	99	88	77	66	59	51	46
FE	5939	5779	4740	4524	3859	3872	3204	2851	2548	2225	1878	1542	1541

**Valor Presente Neto (VPN) y Valor Presente de Inversión (VPI).**

Se calcula en una hoja de Excel utilizando los datos de la tabla 6.20.

Tabla 6.21. Indicadores Financieros para el escenario 2.

<b>VPN ANTES DE IMPUESTOS SIN FINANCIAMIENTO</b>	
VPN (MM\$)	\$ 28,935
VPI (MM\$)	\$ 1,843
VPN/VPI	15.7



### VI.IV.VI Escenario 3.

Esta opción está basada en la metodología AM0009 versión 04, ya que considera la recuperación de todo el gas y condensado (aproximadamente 50% del gas total), ya sea para su venta y/o aprovechamiento en el sitio de producción, aunado a esto un incremento de aproximadamente 72% (con respecto al escenario 2) en los Bonos de Carbono por no emitir gases de efecto invernadero (GEI), además de considerar las posibles alternativas de a) Utilización de CO<sub>2</sub> en otros proyectos, por parte de PEMEX, b) La cesión de derechos del CO<sub>2</sub> a terceros, la creación de fuentes alternas de trabajo y reactivación económica de la región donde se ubica el proyecto Tres Hermanos.

Características del escenario:

- **Quema de gas.**
  - ❖ Debido al uso de compresores, para transportar el gas recuperado.
  - ❖ Venteo de CO<sub>2</sub> (en caso de que no exista la cesión de derechos a terceros, ni el aprovechamiento de CO<sub>2</sub> por parte de PEMEX).
  - ❖ Contribución en mínima proporción al Cambio Climático debido a la emisión de gases de efecto invernadero por uso de gas en operación.
- **Inversión para el MDL.**
  - ❖ Inversión adicional para recuperar en su totalidad el gas hidrocarburo.
  - ❖ Utilización de recursos designados para el campo Tres Hermanos.
- **Implementación del MDL original.**
  - ❖ Ingresos por la venta de Bonos de Carbono. (Aumento de hasta el 72% con respecto al escenario 2)
  - ❖ Ingresos por la venta del Gas Recuperado.
  - ❖ Recuperación de gas y condensados.
- **Mayor rendimiento en el Valor Presente Neto (VPN).**
  - ❖ Aumento de los ingresos debido a una mayor recuperación del gas y venta de Bonos de Carbono.
  - ❖ Ingresos No Fiscalizables debido a la venta de CER.
  - ❖ Aumento del 6.6% del VPN con respecto al del escenario 1, equivalente a 1861.5 MM\$.
- **Utilización de CO<sub>2</sub> en proyectos de PEMEX.**
  - ❖ Estimulación de Pozos.
  - ❖ Fracturamiento de Pozos.
  - ❖ Inyección de fluidos miscibles en yacimientos de aceite.
- **Cesión de derechos sobre el CO<sub>2</sub>.**
  - ❖ Para construir planta procesadora de CO<sub>2</sub> o embotelladora.



- ❖ Generación de empleos directos e indirectos en la construcción del proyecto.
- ❖ Generación de empleos directos e indirectos para la operación de la planta.
- ❖ Generación de empleos indirectos por insumos y servicios necesarios para la planta.
- ❖ Supresión de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a su utilización como materia prima.

Los ingresos debido a la venta de Bonos de Carbono, se calcularon con los datos de la tabla 6.18, tal como se hizo en el escenario 2.

La siguiente tabla muestra los ingresos estimados por venta de Bonos de Carbono en el horizonte de producción 2010 – 2022 del campo Tres Hermanos.

**Tabla 6.22. Ingresos por ventas de Bonos de Carbono.**

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Emisiones al 97% (MT)</b>	331	316	284	253	221	189	174	158	142	126	110	95	79
<b>Ingresos por CER's (MM\$)</b>	43	41	37	33	29	24	22	20	18	16	14	12	10

**Flujo de Efectivo.**

Se calcula descontado la inversión y los gastos de operación a los ingresos obtenidos por la venta de aceite, gas y los Bonos de Carbono.

Adicionalmente se incorporan 204 MM\$ por concepto de inversión, para recuperar todo el gas y condensado del campo Tres Hermanos, suponiendo que solamente se requiere de los siguientes componentes para lograr este objetivo y establecer este escenario dentro de los límites del proyecto, como lo marca la metodología AM009 versión 04.

- Un modulo de compresión para enviar el gas hacia el separador de membrana,
- Un separador de membrana extra a los contemplados en el MDL, para recuperar la mayor cantidad de gas y condensado,
- Ductos.



Inversión está estimada de la siguiente forma:

**Tabla 6.23. Inversión adicional para el escenario 3.**

Inversión Adicional para la recuperación total de gas y condensado. (MM\$)	
Estación de compresión	1.5
plata de segregación de gas	170
Ductos	32
<b>Total</b>	<b>204</b>

Esta inversión se considera para el año 2010, ya que la implementación del separador de membrana, el compresor y los ductos son necesarios para la máxima recuperación del gas y condensado, los cuales se deben realizar junto con el desarrollo del MDL original.<sup>10</sup>

Además se incorporan los gastos de operación requeridos para este escenario.

**Tabla 6.24. Costos de gastos y operación adicional para el escenario 3.**

Costos Adicionales para la recuperación total de gas y condensado. (MM\$)												
Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Estimado en un 5% del total de la inversión	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

**Tabla 6.25. Flujo de Efectivo.**

Evaluación con MDL y aprovechamiento de CO <sub>2</sub> en otros proyectos de PEMEX.													
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ingresos aceite	6409	6071	5059	4722	4047	4047	3373	3036	2698	2361	2024	1686	1686
Ingresos gas ajustados (aprox. 50% gas)	395	376	338	301	263	225	207	188	169	150	132	113	94
Ingresos Bonos totales	43	41	37	33	29	24	22	20	18	16	14	12	10
Inversión	473	315	339	216	203	183	180	196	163	150	157	152	149
Inversión adicional	204												
Gastos	205	175	159	141	125	112	99	88	77	66	59	51	46
Gastos Adicionales		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>FE</b>	<b>5965</b>	<b>5987</b>	<b>4926</b>	<b>4688</b>	<b>4002</b>	<b>3993</b>	<b>3314</b>	<b>2950</b>	<b>2636</b>	<b>2302</b>	<b>1944</b>	<b>1598</b>	<b>1586</b>

<sup>10</sup> Proyecto MDL para el campo Tres Hermanos, desarrollado en el capítulo 5.

**Valor Presente Neto (VPN) y Valor Presente de Inversión (VPI).**

Se calcula en una hoja de Excel utilizando los datos de la tabla 6.25.

**Tabla 6.26. Indicadores Financieros.**

VPN ANTES DE IMPUESTOS SIN FINANCIAMIENTO			
VPN	(MM\$)	\$	29,783
VPI	(MM\$)	\$	2,046
VPN/VPI			14.6

**VI.IV.III Estimación de Empleos Indirectos.**

La estimación de empleos debido a la construcción de una planta que utilice CO<sub>2</sub> como materia prima está dada por diferentes factores, con un número variable de empleados y trabajadores en cada uno de los rubros y procesos que intervienen para su puesta en marcha, los cuales van desde del diseño, construcción y operación de la empresa.

Esto hace que el cálculo de empleos generados por este tipo de empresas sea bastante complejo, y que involucre innumerables variables, lo cual se sale del objetivo principal de esta tesis y se encuentra fuera del rango de aplicación, es por eso que solo se mencionarán algunos de los rubros que se consideran más importantes para llevar a cabo un proyecto de tal magnitud, con las limitantes que la disposición de datos que existe, dejando la posible alternativa sujeta a validación por el área encargada del proyecto para la empresa interesada o las empresas que pueden estar relacionadas con esta industria.

A continuación se clasifica el proyecto de acuerdo a los empleos que pueden ser generados durante el mismo, iniciando desde del diseño hasta el arranque de operaciones.

**Empleos temporales:**➤ **Construcción**

## ❖ Empleos directos.

- Formales.
  - ◆ Bienes y servicios.
    - ✓ Ingenieros.
    - ✓ Constructores.





- ❖ Empleos indirectos.
  - Formales.
    - ◆ Insumos.
      - ✓ Industria del Acero.
      - ✓ Industria Cementera.
      - ✓ Industria del Cobre.
      - ✓ Insumos Eléctricos.
    - ◆ Bienes y Servicios.
      - ✓ Alimentos.
      - ✓ Transporte.
  - Informales
    - ◆ Bienes y servicios.
      - ✓ Alimentos.
      - ✓ Transporte.

### Empleos Fijos:

#### ➤ Operación:

- ❖ Empleos directos.
  - Formales.
    - ◆ Bienes y servicios.
      - ✓ Operadores.
      - ✓ Transporte.
- ❖ Empleos indirectos
  - Formales.
    - ◆ Insumos.
      - ✓ Industria Química.
      - ✓ Industria eléctrica.
      - ✓ Agua.
    - ◆ Bienes y Servicios.
      - ✓ Alimentos.
      - ✓ Transporte.
      - ✓ Mantenimiento.
  - Informales.
    - ◆ Bienes y Servicios.
      - ✓ Alimentos.
      - ✓ Transporte.



Es así como después de evaluar y contemplar los empleos que se pueden generar debido a la integración de una planta procesadora de CO<sub>2</sub>, en el campo Tres Hermanos y los beneficios que de esta se desprenden podemos concluir; con referencia a la planta de PRAXAIR, ubicada en Heredia, Costa Rica, la cual maneja un volumen de CO<sub>2</sub> de 60 toneladas diarias, que si el campo tres Hermanos tiene como producción promedio durante el horizonte 2010-2022, de 292 toneladas CO<sub>2</sub> diarias, entonces por lo menos se puede generar el mismo número de empleos directos e indirectos, ya que se tiene 4.8 veces más producción que en la plata de referencia.

## VI.V Conclusión:

### VI.V.I Ingresos.

Los siguientes cuadros muestran las características de los escenarios 2 y 3, además del proyecto original documentado para su implementación en junio de 2008, de los cuales podemos observar la producción, emisiones e ingresos principalmente.

El escenario 1 no está contemplado ya que a pesar de que no se ha implementado el MDL, las inversiones necesarias si están consideradas dentro de la cartera de proyectos, es por eso que se deben de aprovechar esos recursos e implementar el MDL, para disminuir las emisiones de GEI y obtener ingresos por las mismas.

A continuación se muestra el proyecto original, tal y como se diseñó para la implementación del MDL, en el campo Tres Hermanos.

### Proyecto original.

Tabla 6.27. Emisiones e ingresos calculados para el proyecto original.

Toneladas reducidas por el proyecto original MDL (Tres Hermanos)					
año	Producción de gas 2008 - 2017 (MMMPC)	Emisiones del escenario base	Emisiones del proyecto	Reducción de emisiones (tCO <sub>2</sub> /año)	Ingresos (MM\$)
2008	5	309,303	235,305	73,998	---
2009	5	303,034	230,560	72,474	9.4
2010	5	303,034	230,560	70,474	9.1
2011	5	293,475	223,321	70,154	9.1
2012	4	264,371	201,281	63,091	8.1
2013	4	235,671	179,545	56,125	7.2
2014	3	208,403	158,896	49,508	6.4



2015	3	186,419	142,247	44,172	5.7
2016	3	165,934	126,734	39,200	5.1
2017	2	147,958	113,120	34,838	4.5
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>2,417,603</b>	<b>1,841,596</b>	<b>574,034</b>	<b>64.6</b>

Posteriormente podemos observar los escenarios 2 y 3, los cuales tienen el mismo horizonte de producción, Emisiones del Escenario Base, pero con la reducción de Emisiones de cada uno de ellos y sus respectivos ingresos.

### Escenario 2.

Tabla 6.28. Emisiones e ingresos calculados para el escenario 2.

TCO <sub>2</sub> e estimadas para el perfil de producción de gas en el escenario 2 (2008-2022)				
Año	MMMPC	Emisiones del Escenario Base (BE) (tCO <sub>2</sub> e)	Reducción de Emisiones al 25% (TCO <sub>2</sub> /año)	Ingresos por venta de CER MM\$
2010	8	341,701	85,425	11
2011	7	325,430	81,357	11
2012	7	292,887	73,222	9
2013	6	260,344	65,086	8
2014	5	227,801	56,950	7
2015	4	195,258	48,814	6
2016	4	178,986	44,747	6
2017	4	162,715	40,679	5
2018	3	146,443	36,611	5
2019	3	130,172	32,543	4
2020	3	113,900	28,475	4
2021	2	97,629	24,407	3
2022	2	81,357	20,339	3
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>2,554,622</b>	<b>638,655</b>	<b>82</b>



## Escenario 3.

Tabla 6.29. Emisiones e ingresos calculados para el escenario 3.

TCO <sub>2</sub> e estimadas para el perfil de producción de gas en el escenario 3 (2008-2022)				
Año	MMMPC	Emisiones del Escenario Base (BE) (tCO <sub>2</sub> e)	Reducción de Emisiones al 97% (TCO <sub>2</sub> /año)	Ingresos por venta de CER MM\$
2010	8	341,701	331,450	43
2011	7	325,430	315,667	41
2012	7	292,887	284,100	37
2013	6	260,344	252,533	33
2014	5	227,801	220,967	29
2015	4	195,258	189,400	24
2016	4	178,986	173,617	22
2017	4	162,715	157,833	20
2018	3	146,443	142,050	18
2019	3	130,172	126,267	16
2020	3	113,900	110,483	14
2021	2	97,629	94,700	12
2022	2	81,357	78,917	10
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>2,554,622</b>	<b>2,477,983</b>	<b>320</b>

De acuerdo a las tablas anteriores se puede observar que el escenario 3 es el que mayores ingresos genera, debido a que la reducción de emisiones de GEI la cual es aproximadamente del 97%, considerando que el 3% restante pertenece al gas utilizado en operación.

El escenario 3 es la opción que en términos ambientales es la más plausible para su aplicación, considerando que se puede reducir en mayor medida las emisiones de GEI, por medio de la cesión de derechos de CO<sub>2</sub> a terceros, adicionalmente la generación de empleos la hace más atractiva, que cualquiera de los otros escenarios.

Si por alguna razón la cesión de derechos no pueda efectuarse, PEMEX puede aprovechar el volumen de CO<sub>2</sub> para otras actividades como la inyección a yacimientos o como fracturante, proceso que se describió en el capítulo 5.



### VI.V.II Indicadores Financieros.

Después de evaluar los tres escenarios y obtener los indicadores financieros; VPN, VPI y VPN/VPI, se observa que el escenario 3 es el que mayor VPN presenta, pero también el que mayor VPI requiere, quedando este último en consideración de que puede aumentar o disminuir dependiendo de la inversión requerida para la recuperación total de gas como lo marca la metodología AM009 versión 04. Además de que este escenario contempla la generación de empleos adicionales tanto directos como indirectos, debido a la utilización y procesamiento del CO<sub>2</sub>, adicionalmente es este, el que en mayor medida reduce las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), es por eso que de acuerdo a sus características se puede considerar como un proyecto integral.

**Tabla 6.30. Comparación de los escenarios.**

Escenario	E1	E2	E3
VPN (MM\$)	27,922	28,935	29,783
VPI (MM\$)	1,843	1,843	2,046
VPN/VPI	15.2	15.7	14.6
Ingresos No fiscalizables por venta de CER.	No	Si	Si
Cesión de derechos sobre CO <sub>2</sub> para su aprovechamiento	No	No	Si
Generación de empleos.	No	No	SI

En términos económicos el escenario 2 puede considerarse como el más óptimo ya que no necesita de una inversión Adicional, y el VPI no varía, pero con la restricción de que no entra en los límites del proyecto como lo marca la AM0009 versión 04, ni tampoco tiene una generación de empleos directos o indirectos, haciendo que disminuya su alcance, esto hace que este escenario sea más atractivo para los indicadores de PEMEX, no así para la aplicación de un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), ya que la disminución de gases efecto invernadero no es tan considerable como en el escenario 3. Además de que se debe comenzar a introducir los costos ambientales en los parámetros y objetivos del diseño de proyectos en la industria petrolera, para encaminar a la empresa y subsidiarias hacia un desarrollo sustentable en términos ambientales.

Es decir sea cual sea el escenario más factible en términos económicos para PEMEX, se debe de considerar el costo e impacto ambiental que se tiene en este tipo de proyectos, ya que si no actuamos de manera inmediata la mitigación del Cambio Climático puede ser más costosa y con



consecuencias graves para la industria petrolera, ya que es esta uno de los sectores que más contribuyen a dicho cambio.

## VI.VI Metano a Mercados (M2M)

A continuación se muestra otra posible alternativa para el aprovechamiento y recuperación del gas producido en el campo Tres Hermanos, esencialmente el metano, basada en la cooperación de países pertenecientes al Metano a Mercado (M2M.)

En la actualidad México forma parte de la Alianza Metano a Mercados (M2M por sus siglas en inglés), una asociación voluntaria cuya finalidad es reducir las emisiones mundiales de metano para potenciar el crecimiento económico, fortalecer la seguridad energética, mejorar la calidad del aire, mejorar la seguridad industrial, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero

El enfoque de la iniciativa es la recuperación de metano a un costo razonable y a corto plazo, y su uso como fuente de energía limpia. M2M es un proyecto de colaboración entre países cuyas economías se encuentran en transición, en conjunto con la participación del sector privado.

El M2M, se enfoca en cuatro grandes áreas clave para la captura y uso del metano:

1. Rellenos sanitarios
2. Residuos agropecuarios
3. Minas de carbón
4. Sistemas de petróleo y gas

Dado que PEMEX se encuentra en la categoría de "sistemas de petróleo y gas", y adicionalmente se sabe que, la actividad combinada de desfogue a la atmósfera y la combustión en quemadores de tipo fosa y elevados (venteo) que se realiza en los campos productores de petróleo y gas, es considerada como la fuente principal de emisiones de metano en la industria petrolera nacional.

De acuerdo a lo anterior entonces las áreas de oportunidad según el M2M son que: estas emisiones pueden ser reducidas a un costo razonable mediante la mejora de las tecnologías o equipos, y de las prácticas de gestión y operaciones. Además las emisiones fugitivas pueden disminuir las pérdidas de productos, aumentar la seguridad energética, emisiones de metano más bajas, y aumentar los ingresos.

Y para cumplir con los objetivos antes descritos PEMEX puede aprovechar los siguientes recursos a los que tiene derecho como empresa asociada al M2M, dentro del esquema programa denominado Gas STAR International.



Es decir dentro de las actividades de Natural Gas International y M2M se encuentra el apoyo al desarrollo de proyectos en el sector de Petróleo y Gas, para ello se brinda asistencia técnica sin costo a las compañías de petróleo y gas interesadas en proyectos de reducción de emisiones de metano, dicha asistencia puede consistir en:

- Documentación técnica especificando tecnologías y prácticas rentables (costo-efectivas) para reducir emisiones de metano, incluyendo cálculos económicos y formularios de análisis (en español e inglés); oportunidades reportadas por los socios (PRO por sus siglas en inglés), estudios de lecciones aprendidas, presentaciones y demostraciones tecnológicas.
- Transferencia de tecnología mediante talleres y conferencias, entrenamiento, viajes de estudio y fortalecimiento de capacidades;
- Identificación de proyectos, asistencia técnica, incluyendo estudios de pre-factibilidad, factibilidad y mediciones en sitio.

En conclusión, en caso de que alguno de los escenarios antes planteados no pudiera ser aplicado por limitaciones económicas, técnicas, de producción o cualquier otra índole, siempre puede ser considerada la opción del Metano a Mercados (M2M) para poder tener la máxima recuperación de gases hidrocarburos, especialmente metano, ya que no solo puede ser una opción independiente si no que se puede complementar con alguno de los escenarios planteados anteriormente, pero con la ventaja, de que se recibe asistencia por parte de los países participantes en el M2M, y así fortalecer los objetivos, además de contar con datos de metodologías ya probadas, y agregar al proyecto nuevas alternativas, en base a proyectos desarrollados por los participantes del M2M, en conclusión recibir nuevos enfoques y evaluaciones para enriquecer las propuestas realizadas, todo esto para maximizar la extracción de hidrocarburos y su uso, sin perder de vista el objetivo principal la mitigación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para revisar y extender la información acerca de la Alianza Metano a Mercados (M2M) se puede revisar la siguiente dirección electrónica: <http://desarrollosustentable.pemex.com>, ya que en este apartado solo se hace énfasis de la oportunidad existente para recuperar el metano del campo Tres Hermanos, la cual pudiera ser posible ya que PEMEX pertenece al M2M,

Es decir esta opción solo se evalúo como una posible alternativa más y no como un escenario, recordando que para poder realizar algún proyecto dentro de este esquema se necesita de análisis y evaluaciones basados en el esquema del M2M (ya sea de manera independiente o con ayuda de los países participantes), y estos aspectos se encuentran fuera del alcance de esta tesis.