



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.

EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.



---

# **USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD. EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.**

## **TESIS**

**PRESENTA: LEONARDO JIMENEZ VELÁZQUEZ.**

**DIRECTOR INTERNO: DR. MIGUEL GARCIA REYES.**

**14 DE SEPTIEMBRE 2011.**

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA SECCIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN (UNIDAD TICOMAN).



SIP-14-BIS

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 14:30 horas del día 24 del mes de Agosto del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIA. U. Ticomán para examinar la tesis titulada:  
"Uso de las fuentes alternas de energía para la producción de electricidad. El caso de un biodigestor en el KM 17 de Cd. del Carmen, Campeche"

Presentada por el alumno:

Jiménez Velázquez Leonardo  
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)  
Con registro: 

B	0	9	1	5	9	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISIÓN REVISORA**

Directores de tesis

\_\_\_\_\_  
Dr. Cayetano Miguél García Reyes

\_\_\_\_\_  
M. en C. Leobardo Salazar Peña

\_\_\_\_\_  
Dr. Arturo Ortiz Ubilla

\_\_\_\_\_  
M. en C. Rodrigo Mondragón Guzmán

\_\_\_\_\_  
Dr. Guillermo Woolrich Piña

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

\_\_\_\_\_  
Ing. Julio E. Morales de la Garza





*INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*  
*SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO*

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México el día 07 del mes Septiembre del año 2011, el (la) que suscribe C. Leonardo Jiménez Velázquez, alumno (a) del Programa de Maestría en Geociencias y Administración de los Recursos Naturales, con número de registro B091598, adscrito a SEPI ESIA, Ticomán, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Cayetano Miguel García Reyes y cede los derechos del trabajo intitulado “Uso de las fuentes alternas de energía para la producción de electricidad. El caso de un biodigestor en el KM 17 de Cd. del Carmen, Campeche”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: leonar181180@yahoo.com.mx Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Leonardo Jiménez Velázquez

Nombre y firma



## DEDICATORIAS.

- *Gracias a mi amor y fiel compañera por ser la primera en creer en mí en este proyecto, por tus atenciones durante mis estudios y por todos tus sacrificios vividos a cambio de mi superación, no te defraudare, y permíteme cambiar tus sacrificios por satisfacciones. A mi hijita Yaretzi, por ser el ángel que ha llegado a mi vida, porque con la dulzura de tu ser has convertido mi vida llena de magia siendo así la energía para continuar con una vida de éxito día tras día.*
- *Como siempre gracias padres Silvia y Marcos por brindarme su apoyo incondicional, porque simplemente sin ustedes yo no existiría.*
- *A mis sobrinos Brandon, Fátima y Eduardo que con su ternura me hacen recordar lo bello que es ser un niño y tener un corazón limpio.*
- *A mi compadre Raymundo, por el apoyo profesional e intelectual que me has brindado sin condiciones, pero sobre todo por esa gran amistad que nos une como hermanos....*
- *Al Doc. Miguel García, sinodal y amigo, que me ha brindado su valioso tiempo para la dirección de este proyecto.*
- *A mi comité revisor, por sus observaciones, y su participación para la calidad de este trabajo:  
M. en C. Leobardo Salazar Peña, M. en C. Rodrigo Mondragón Guzmán, Dr. Arturo Ortiz Urbilla, Dr. Guillermo Woolrich Piña.*
- *Al Sr. Ricardo Heredia Flores, Ricardo Heredia Escalante, Sergio Manuel Rodríguez Zamacona y el Lic. Gustavo Limón (Socios de la Cía. SAIPSA) por creer en este proyecto, por el apoyo en la toma de información y la conclusión del mismo.*



## ÍNDICE.

<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>I. GEOLOGÍA Y ASPECTOS GENERALES DEL SITIO EN OPERACIÓN</b>	
<b>I.1 ASPECTOS GENERALES DEL SITIO EN OPERACIÓN.....</b>	<b>17</b>
I.1.1 Localización y vías de acceso.....	17
I.1.2 Extensión y Orografía.....	18
I.1.3 Hidrografía.....	18
I.1.4 Clima.....	19
I.1.5 Fauna y principales Ecosistemas.....	19
I.1.6 Clasificación y uso del suelo.....	20
I.1.7 Del camarón al Petróleo.....	21
<b>I.2 GEOLOGÍA GENERAL.....</b>	<b>21</b>
1.2.1 Ubicación geográfica de la zona.....	21
<b>1.2.2 ESTRATIGRAFÍA Y COLUMNA GEOLÓGICA DEL ÁREA EN ESTUDIO.....</b>	<b>22</b>
B a s a m e n t o.....	22
Paleozoico.....	22
Jurásico Superior.- (oxfordiano).....	22



Jurásico superior. (Kimmeridgiano).....	22
Jurásico superior.- (Tithoniano).....	23
Cretácico Inferior.....	24
Cretácico Medio.....	24
Cretácico Superior.....	24
B r e c h a - (Cretácico Superior-Paleoceno).....	25
Paleoceno Inferior.....	25
Paleoceno Superior.....	26
Eoceno.....	26
Oligoceno.....	26
Mioceno inferior.- (Deposito).....	26
Mioceno superior.....	26
Plioceno.- (Aguaguesquite).....	27
Plio – Pleistoceno.....	27

## **II.-ANTECEDENTES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL PROTOCOLO DE KYOTO.**

<b>II.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC).....</b>	<b>28</b>
<b>II.1.2 El Protocolo de Kyoto (CoP-3, 1997).....</b>	<b>29</b>
II.1.2.1 Gases de efecto invernadero.....	30
II.1.2.2 Actividades que producen gases de efecto invernadero.....	30
II.1.2.3 Magnitud de los compromisos de reducción de emisiones.....	31



<b>II.2.-EL MERCADO DE CARBONO.....</b>	<b>33</b>
<b>II.2.1 Mercado de Kyoto.....</b>	<b>34</b>
II.2.1.1 Gobiernos.....	34
II.2.1.2 Entidades internacionales.....	36
II.2.1.3 Brokers.....	39
<b>II.2.2 Mercados independientes al protocolo de Kyoto.....</b>	<b>40</b>
II.2.2.1 Mercados voluntarios.....	40
 <b>III.- SEGURIDAD ENERGÉTICA</b>	
<b>III.1.- ¿QUÉ ES LA SEGURIDAD ENERGETICA?.....</b>	<b>43</b>
III.1.2 El concepto de Seguridad Energética en México. La postura gubernamental y la postura académica.....	43
III.1.3 Elementos claves de la seguridad energética nacional. Indicadores de los recursos energéticos, producción y las reservas de energéticos.....	45
III.1.4 Indicadores energéticos de PEMEX hasta el año 2010.....	48
<b>III.2.- LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA, UN ELEMENTO DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA.....</b>	<b>57</b>
III.2.1 La definición de Energías Renovables.....	57
III.2.2 Perspectiva Histórica y Revoluciones Energéticas.....	59
III.2.3 El caso de México.....	61
<b>III.3.- FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA Y SU DESARROLLO TECNOLÓGICO...63</b>	
III.3.1 ENERGÍA EÓLICA.....	69
III.3.1.1 Tecnologías.....	69
III.3.1.2 Costos.....	69
III.3.1.3 Estado actual.....	69
III.3.1.4 Potencial.....	70
III.3.2 RADIACIÓN SOLAR PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	72
III.3.2.1 Tecnologías.....	72
III.3.2.2 Costos.....	73
III.3.2.3 Estado actual.....	73
III.3.2.4 Potencial.....	74



<b>III.3.3 RADIACIÓN SOLAR PARA APLICACIONES TÉRMICAS</b>	
III.3.3.1 Tecnología.....	75
III.3.3.2 Costos.....	76
III.3.3.3 Estado actual.....	76
III.3.3.4 Potencial.....	76
<b>III.3.4 ENERGÍA HIDRÁULICA.....</b>	<b>77</b>
III.3.4.1 Tecnología.....	78
III.3.4.2 Costos.....	78
III.3.4.3 Estado Actual.....	78
III.3.4.4 Potencial.....	78
<b>III.3.5 BIOENERGÍA.....</b>	<b>79</b>
III.3.5.1 Tecnología.....	79
III.3.5.2 Costos.....	80
III.3.5.3 Estado actual.....	81
III.3.5.4 Potencial.....	81
<b>III.3.6 GEOTERMIA.....</b>	<b>82</b>
III.3.6.1 Tecnología.....	82
III.3.6.2 Costos.....	83
III.3.6.3 Estado actual.....	83
III.3.6.4 Potencial.....	83
<b>III.3.7 OTRAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA AÚN NO DESARROLLADAS EN MÉXICO.....</b>	<b>84</b>
III.3.7.1Energía Oceánica.....	84
III.3.7.2Energía Nuclear.....	86
III.3.7.3Energía del Hidrogeno.....	91
<b>III.4.- ESTRATEGIAS QUE SUSTENTEN LA SEGURIDAD ENERGÉTICA PARA EL CASO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.....</b>	<b>94</b>
<b>III.4.1 LAS POLÍTICAS PARA LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EL MUNDO.....</b>	<b>94</b>
• El triple objetivo de las políticas.....	94
• Prioridades de las políticas públicas que sustenten la seguridad energética para el caso de las energías renovables.....	94



**III.5.- ACCIONES INMEDIATAS EN EL USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA PARA EL COMPLEMENTO EN LA SEGURIDAD ENERGÉTICA.....96**

III.5.1 Contribución a la soberanía energética.....96  
III.5.2 Aumento de la Seguridad en el abasto de Energía.....96  
III.5.3 Desarrollo rural e industrial.....97  
III.5.4 Fomento del desarrollo industrial y rural.....97  
III.5.5 Acciones que influyan en mitigación del cambio climático.....98  
III.5.6 Acciones que influyan en la reducción de los impactos del sector energía sobre la salud y el medio ambiente.....98  
III.5.7 Acciones que contribuyan a la protección de bosques y selvas.....98

**IV. LA BIODIGESTIÓN COMO UNA ALTERNATIVA LIMPIA. SU MARCO JURÍDICO-AMBIENTAL.....99**

**IV.1.- ¿QUÉ ES LA BIODIGESTIÓN?.....100**

IV.1.1.-El biogás y su composición.....102

**IV.1.2.- ¿QUÉ ES UN BIODIGESTOR?.....103**

IV.1.2.1 Consideraciones e importancia de los Biodigestores.....103

**IV.2.-TIPOS DE BIODIGESTORES.....104**

IV.2.1.-Ventajas de los Biodigestores.....106

IV.2.2.-Desventajas de los Biodigestores.....107

**IV.3.-USOS DEL BIOGÁS.....107**



<b>IV.4.-PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.....</b>	<b>108</b>
IV.4.1.-Potencial Estimado.....	108
IV.4.2.-Informe sobre el consumo de Biogás en Europa.....	108
IV.4.3.-España, un buen productor de Biogás.....	112
<b>IV.5.-MARCO JURÍDICO.....</b>	<b>115</b>
IV.5.1.-Acciones del gobierno.....	115
IV.5.2.-Acciones específicas.....	117
IV.5.3.-Retos.....	118
<b>IV.6.-MARCO JURÍDICO ESPECÍFICO.....</b>	<b>119</b>
IV.6.1.-Metodología para La Determinación de los Cargos por Servicios de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuentes de Energía Renovable.....	121
IV.6.2.-Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables.....	121
IV.6.3.-Convenio para el Servicio de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuentes de Energía Renovables.....	121
IV.6.4.-Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticas.....	121
IV.6.5.-Ley del Impuesto sobre la Renta.....	121
<b>IV.7.-MARCO JURÍDICO-AMBIENTAL.....</b>	<b>122</b>
IV.7.1.-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Evaluación del Impacto Ambiental).....	122



<b>V. EL BIODIGESTOR EN CD. DEL CARMEN.....</b>	<b>125</b>
PROBLEMÁTICA.	
<b>V.1 Propuesta de solución a la problemática de la disposición final de aguas residuales.</b>	
<b>V.2 Etapas y procesos del proyecto.....</b>	<b>126</b>
• <u>Etapa 1: Factibilidad del proyecto.</u>	
• <u>Etapa 2: Manejo y transporte de agua residual</u>	
<b>V.3 CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR.....</b>	<b>131</b>
<b>V.3.1 Fases de Construcción.....</b>	<b>132</b>
• Fase 1. Movimiento de Tierras.....	132
• Fase 2. Construcción de un biodigestor utilizando geomembrana (HDPE).....	133
• Fase 3. Sistema de Extracción de Biogás.....	134
• Fase 4. Tubería de extracción de lodos.....	135
<b>V.4 CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS GENERADO.....</b>	<b>137</b>
<b>V.5 ANÁLISIS FINANCIERO.....</b>	<b>138</b>
• Análisis Financiero.....	138
• Aprovechamiento de Biogás (Cogeneración).....	139
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>143</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>147</b>



## RESUMEN

El siguiente trabajo está desarrollado con la intención de poder realizar proyectos de inversión en el sector privado y público o bien, en una relación de convenios para trabajar unidos, tomando en cuenta la colaboración de cada una de las partes como; concesiones e inversión de capital.

Actualmente los yacimientos petroleros de México se encuentran en una etapa de declive en cuanto a su producción y por tanto afectando sus derivados, consumo nacional y exportación poniendo en riesgo la seguridad energética del país e incluso de países secundarios. Por otro lado las cuestiones ambientales que están causando el cambio climático y por lo tanto el calentamiento global, son de suma importancia atenderlas ya que esto provocara cambios súbitos en el planeta que se verán mayormente impactados en el ser humano. Es por eso que en este proyecto se utilizaran las energías renovables, en un caso particular el “El Biogás”, como una alternativa para la seguridad energética y el cambio climático.

Actualmente Cd. Del Carmen con una población promedio de 200, 000 habitantes y localizada en el Edo. De Campeche, tiene el problema del mal manejo del agua residual ya que actualmente tiene como disposición final y de manera clandestina, la laguna de términos y terrenos a las orillas de la isla, por lo que se generan focos de infección para la población, el turismo y el gran impacto ambiental que esto conlleva.

Es por eso que en este trabajo se propone la solución a este impacto ambiental construyendo un biodigestor que pueda procesar toda esta materia orgánica proveniente de las aguas residuales de la ciudad y al mismo tiempo aprovechar el potencial de la misma, para producir biogás y así generar energía eléctrica que será captada a poblaciones y rancherías que no cuenten con el recurso o simplemente para el alumbrado público. Evitando así los focos de infección que actualmente existen en suelos y lagunas, y comprobando que el uso de biogás producido por la materia orgánica es y será una alternativa para la seguridad energética del país.

## ABSTRACT

The following work is developed with the intention to carry out investment projects in the private and public sector or in a relationship of agreement to work together, taking into account the cooperation of each of the parties and, grants and capital investment. Currently, Mexico's oil fields are in a period of decline in their production and thus affecting its derivatives, domestic consumption and exports threatening the country's energy security and even secondary countries. Furthermore environmental issues that are causing climate change and therefore global warming are of great importance to address as this would cause sudden changes in the planet that will be most impacted in humans. That's why this project is renewable energy used in a particular case "biogas" as an alternative to energy security and climate change. Ciudad Del Carmen currently with an average population of 200, 000 and located in the State. of Campeche, has the problem of mismanagement of wastewater and is now final and available underground, the lagoon of terms and land on the shores of the island, thereby generating sources of infection for the population, tourism and environmental impact that this entails. That is why this paper proposes a solution to this environmental impact by building a digester that can handle all this organic matter from sewage of the city and at the same time exploit the potential of it, to produce biogas and generate electrical energy will be captured on populations and settlements do not have the resources or simply for lighting pubic. Avoiding sources of infection that currently exist in soil and ponds, and noting that the use of biogas produced by organic matter is and will be an alternative for the country's energy security.



## OBJETIVO

Demostrar, que construir y poner en operación un biodigestor de las magnitudes mencionadas en este trabajo, es totalmente un proyecto limpio y sustentable, que considerablemente disminuirá la contaminación en el entorno, lograr prevenir posibles problemas de infecciones, y al mismo tiempo reducir el problema del calentamiento global que se nota claramente en el cambio climático actual.

Demostrar que con una buena administración y planeación estratégica se puede producir cantidades de biogás que ayuden a la generación de energía eléctrica, ayudando así a poblaciones necesitadas de este recurso, generar nuevos empleos y comprobar que se puede producir energía limpia.

Dar a conocer que trabajando en conjunto la iniciativa privada y pública, con las nuevas políticas energéticas del país se pueden impulsar muchos proyectos como el propuesto en este trabajo, y demostrar que el uso de las fuentes alternas de energía es un complemento para la seguridad energética mundial y nacional.

## INTRODUCCIÓN

### SITUACIÓN ACTUAL

La situación energética actual es clara cuando se revisan las recientes iniciativas en materia petrolera, que sigue priorizando la (sobre) explotación y (sobre) exportación del crudo, impulsadas por la captación de su renta para solventar la baja recaudación fiscal y con ello la reducción de los ingresos gubernamentales; en adición, desde hace cerca de un cuarto de siglo, se ha renunciado a la integración de las cadenas productivas del propio sector (incremento de su valor agregado hasta la petroquímica secundaria) y se ha desatendido la modificación de la matriz energética, hacia un mayor equilibrio en la participación de cada fuente.

Actualmente, la mayor parte de la energía generada en el mundo proviene de combustibles fósiles de carácter no renovable como petróleo, gas y carbón. La constante fluctuación de los precios de los hidrocarburos, aunado a los efectos que la quema de dichos combustibles generan sobre el medio ambiente y una mayor conciencia sobre los efectos del cambio climático, han dado lugar al desarrollo de políticas que buscan impulsar el desarrollo del sector de las energías limpias.

Es importante adoptar una nueva visión mundial que permita un desarrollo económico sostenible, la cual contemple el desarrollo de la energía renovable y la eficiencia energética. Con una visión de este estilo, varios países de la Unión Europea, China y México, entre muchos otros, han definido objetivos para el aprovechamiento de energías renovables, y realizado programas ambiciosos para incrementar la eficiencia energética.

Existen diversos tipos de energía dentro de la categoría de energías renovables, entre ellas la energía eólica, la energía solar, la energía hidráulica, la energía geotérmica y la energía proveniente de la biomasa.

### TRANSICIÓN ENERGÉTICA.



La energía es una de las riquezas más importantes que puede tener un estado. Las implicaciones económicas y sociales que ésta tiene en el desarrollo de un país, han generado que sea un factor primordial a considerar por los gobiernos. Por ello, es importante salvaguardar la seguridad energética en todos los países del mundo.

A lo largo de la historia, los combustibles fósiles han sido la principal fuente de energía. Si esta tendencia se mantiene, estimaciones de la OCDE, proyectan que para el año 2050 aproximadamente el 84 %. Así mismo, los combustibles no fósiles representarían el 16%, de la demanda en 2050, disminuyendo su participación del 19 % que se tenía en el 2005.

Dado que los combustibles fósiles seguirán siendo los principales insumos dentro de la oferta, los países deben estar conscientes que se necesita asegurar, tanto el suministro de estas fuentes, como instrumentar varias medidas para disminuir las emisiones de bióxido de carbono.

Se calcula que la demanda mundial de energía crecerá en un 44 %, en los próximos 25 años, lo que impactará significativamente el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, asociados al cambio climático.

Los factores determinantes de los patrones de emisiones de estos gases de generación y uso de energía son principalmente el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la intensidad energética y las mezclas de combustibles fósiles que se utilizan.

Si se sigue con esta tendencia, se estima que en los próximos 30 años, el mundo emitirá casi tres cuartas partes de lo que ha emitido los últimos 250 años, por lo que el reto consiste en fomentar esta transición energética de los combustibles fósiles a las energías renovables.

## **ACCIONES DE GOBIERNO Y PROGRAMAS ESPECIFICOS PARA EL IMPULSO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.**

La presente Administración del gobierno mexicano ha apoyado la transición energética, con el objetivo de reducir los riesgos inherentes a la dependencia de los hidrocarburos e incorporar sustentabilidad en las políticas y estrategias del sector energético. A partir de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, se publicó el *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables* que busca:

1. Impulsar el desarrollo de la industria de energías renovables en México,
2. Ampliar el portafolio energético del país, y
3. Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades rurales utilizando energías renovables. La transición energética consiste en cambiar el enfoque del sector energético generando un mejor aprovechamiento de los combustibles fósiles y fomentando el uso de tecnologías limpias a través de la energía renovable y la eficiencia energética. Así, al impulsar el desarrollo de estas tecnologías, técnica, económica, ambiental y socialmente viables, México contribuirá a mitigar el incremento en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), sin comprometer su desarrollo económico y promoviendo una mejor calidad de vida para los mexicanos.

Nuestro país tiene gran potencial para generar energía a través de fuentes renovables, ya que cuenta con altos niveles de insolación, importantes recursos hidráulicos y geotérmicos, así como zonas de intensos y constantes vientos prevalecientes, además de grandes volúmenes de biomasa.



Como parte de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de , la Secretaría de Economía, en coordinación con la Secretaría de Energía, definirá las políticas y medidas para fomentar una mayor integración nacional de equipos y componentes para el aprovechamiento de. El documento menciona algunas asociaciones involucradas en el desarrollo del mercado de energías renovables, así como algunos sectores industriales relacionados.

Por otro lado, este trabajo pretende identificar algunas áreas de oportunidad para el desarrollo e integración de los componentes, y asigna una serie de estrategias específicas, así como las acciones requeridas para responder a dichas oportunidades. Posteriormente, menciona los diferentes tipos de energías renovables más relevantes para los interesados en desarrollar, ampliar o diversificar sus operaciones hacia las tecnologías limpias, en este caso la construcción de un biodigestor que producirá energía eléctrica por medio del biogás. Con algunos ejemplos y graficas, el documento menciona algunas de las ventajas comparativas y competitivas que tiene México y que son de importancia para desarrollar esta industria.

Las energías renovables se basan en los flujos y ciclos implícitos en la naturaleza. Son aquellas que se regeneran y se espera que perduren por cientos o miles de años. Además, se distribuyen en amplias zonas y su adecuada utilización tiene un impacto ambiental favorable en el entorno, elemento que hoy se convierte en una herramienta de gran importancia, ante la necesidad de disminuir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

En el capítulo III se describe detalladamente cada tecnología, su funcionamiento, así como el desarrollo del sector particular a nivel mundial y las oportunidades de desarrollo para México, y explica cómo el uso sustentable de la energía es igual de importante al definir el futuro energético de nuestro país.

Por sí misma, la diversificación de las fuentes energéticas a partir del uso de energías renovables representará un mecanismo para reducir la dependencia de México en los combustibles fósiles, y así fomentar la seguridad energética. Sin embargo, el aprovechamiento de las energías renovables también representa beneficios indiscutibles en otros temas prioritarios, no sólo para nuestro país, sino para todo el mundo.

En materia de electrificación, el aprovechamiento de las energías renovables también será un motor para el desarrollo social, al permitir el acceso al servicio eléctrico a comunidades donde la energía convencional es económicamente inviable por estar apartadas de la red eléctrica.

En el rubro ambiental, la utilización de energías renovables, además de contribuir a mejorar la calidad del aire, contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Finalmente, se espera que tenga una importante contribución en materia económica, ya que el desarrollo de las energías renovables representará la creación de pequeñas y medianas empresas, la generación de nuevos empleos, un mayor desarrollo científico y tecnológico, y la posibilidad de generar mayor intercambio comercial con otros países que están impulsando la utilización de energías renovables.

## LAS ENERGIAS RENOVABLES COMO UN COMPLEMENTO A LA SEGURIDAD ENERGETICA.

Ante la situación energética mundial, México requiere un cambio de paradigma energético. Es inevitable preguntarse ¿con cuáles fuentes energéticas se puede enfrentar el agotamiento de los yacimientos de combustibles fósiles a fin de promover un desarrollo sostenible? Esto además se debe lograr sin tensiones



geopolíticas por el control de los yacimientos de los hidrocarburos (HC) y sin la degradación irreversible del medio ambiente natural, particularmente el asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI's). Pienso que el uso racional y eficiente de las actuales fuentes energéticas y las energías alternativas (EA), esto es, las energías renovables (ER) y la energía nuclear, son la solución a este problema. Lo anterior, bajo la premisa de que, por razones de seguridad nacional y energética, en todo momento se deberá garantizar la oferta energética al país. Esto lleva a considerar todas las alternativas energéticas no fósiles y preferentemente aquellas de carácter sostenibles. Además, debemos agregar que el período de transición energética, cuyas primeras expresiones se dieron cuando EU alcanzó su pico de producción o *Curva de Hubbert*, sugiere la necesidad de evolucionar de una matriz energética.

Ello implicaría la creación de decenas de miles de puestos de trabajo, más ahora con la promoción mundial de los “empleos verdes”. Así, el país tiene una gran oportunidad, no sólo de satisfacer sus necesidades energéticas, sino de desarrollar, en los próximos años, tecnología propia en este campo. Para ello se requiere, primero, de la voluntad política de Estado y, segundo, que los tomadores de decisión cuenten con un conocimiento amplio sobre la importancia y las implicaciones virtuosas para la Nación de comprometerse decididamente en todo lo relativo al desarrollo endógeno de las ER.

Si se está buscando seguridad y autosuficiencia en el ramo, la política que se diseñe en materia de energía deberá tener como elementos indispensables: el plan para la formación de recursos humanos altamente calificados, el fortalecimiento de las instituciones dedicadas a la investigación y el desarrollo tecnológico, y la creación de otras actividades pertinentes, articuladas entre sí, con financiamiento generoso y con objetivos claramente establecidos.

Cualquier plan que se elabore deberá tener una visión nacionalista, es decir, orientada a reencauzar el desarrollo nacional basado en el aprovechamiento de sus propios recursos, de largo alcance e incluyente, equitativa y cuidadosa del medio ambiente. Todo ello con el fin de evitar los errores que hoy llevan al país a responder de manera reactiva, en lugar de preventiva, ante problemas previsibles, como el del agotamiento de nuestro recurso energético predominante: los HC.

Esto lleva a la urgencia de promover una reforma integral del sector energético, más aún considerando la relevancia que tiene en el desarrollo de México. Al parecer y desafortunadamente, una reforma con tal característica aún está ausente en los tomadores de decisión, tanto en el poder Ejecutivo como en el Legislativo.

Todo esto a pesar de que México dispone de reservas de crudo para tan sólo unos cuantos años; cada día disminuye la producción nacional por la declinación de Cantarell, que actualmente tan sólo produce el 25% del total.

Considerando las reservas probadas y los ritmos de producción actual, México cuenta con petróleo disponible solo por 9.3 años. Esto lleva, una vez más, a concluir que es imprescindible implantar medidas que contrarresten un eventual desabasto energético, además de las medidas petroleras que ya se están tomando, a través de la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes renovables y la implementación de programas de uso racional y eficiente de la energía.

Para sustentar lo antes dicho se presenta en este trabajo graficas y estadística tomada de informes anuales de PEMEX, de la producción de hidrocarburos en México hasta el año 2010 así como la producción de electricidad generadas por los mismos o por otras fuentes.

De la misma manera se presentan estadísticas del uso de las fuentes alternas de energía para la generación de electricidad principalmente.

Esto pretende demostrar que las fuentes alternas de energía son una verdadera opción para dejar de depender del uso de los combustibles fósiles y complementar la seguridad energética nacional hasta llegar al punto de una transición con las mismas. Aunque cabe mencionar que esto también depende mucho de los efectos geopolíticos mundiales que en su mayoría deciden el rumbo del consumo de energía por combustibles fósiles



o energía limpia, esto se explica con detalle en el capítulo III, en las revoluciones energéticas que hemos tenido a lo largo de la historia, principalmente los últimos cuatro siglos.

## EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS ALTERNATIVAS PARA LA DISMINUCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO.

El cambio climático es considerado como una de las amenazas más serias para el medio ambiente global; según se prevé, tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos, su seguridad alimentaria, la actividad económica, el agua y otros recursos naturales y de infraestructura física. El clima global varía naturalmente, pero los científicos concuerdan en que las crecientes concentraciones de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera de la Tierra están conduciendo a un cambio climático.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés)<sup>1</sup>, los efectos del cambio climático ya han sido observados, y la mayor parte de los científicos cree necesaria una acción rápida para prevenirlos.

La respuesta política internacional al cambio climático comenzó con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC<sup>2</sup> por sus siglas en inglés) en 1992. Esta convención establece un marco para la acción cuyo objetivo es la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, para evitar que interfiera peligrosamente con el sistema climático.

En esta Convención las partes se comprometieron a desarrollar, actualizar y publicar inventarios nacionales de GEI; a desarrollar programas para la mitigación del cambio climático mediante la reducción de emisiones y el uso de sumideros; a establecer medidas para la adaptación al cambio climático; a promover y cooperar en el desarrollo de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan la emisión de GEI, incluyendo a los sectores agrícola y forestal.

La UNFCCC entró en vigencia el 21 de marzo de 1994, y está integrada hoy por 188 estados parte (países miembros).

Con el fin de poner en práctica la UNFCCC se realizan anualmente reuniones para discutir y tomar decisiones. Estas reuniones se llaman Conferencias de las Partes (CoPs). En diciembre de 1997, durante la COP-3, realizada en Kyoto, Japón, se acordó el Protocolo de Kyoto, que compromete a los países desarrollados y a los países en transición hacia una economía de mercado a alcanzar objetivos cuantificables de reducción de emisiones. Estos países, conocidos en la UNFCCC, se comprometieron a reducir su emisión total de seis gases de efecto invernadero hasta al menos 5,2 por ciento por debajo de los niveles de emisión de 1990 durante el periodo 2008-2012 (el primer periodo de compromiso), con objetivos específicos que varían de país en país. El nivel de compromiso de estos países se refleja en el Anexo B del Protocolo de Kyoto (PK) en forma de porcentajes respecto del año base (1990).

1 *.-El IPCC fue constituido en 1988 por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (WMO por sus siglas en inglés) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP por sus siglas en inglés), con el fin de contribuir a la solución de los problemas que podría generar el calentamiento global. El IPCC, conformado por más de 2,000 científicos, provee información respecto del estado del conocimiento en torno del cambio climático, así como reportes e informes técnicos en temas específicos necesarios para el correcto funcionamiento de los organismos del UNFCCC.*

2 *UNFCCC.CoP-3: Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Tercer Periodo de Sesiones, celebrada en Kyoto del 1 al 11 de diciembre de 1997. Medidas adoptadas por la conferencia de las partes en su tercer periodo de sesiones., 25 de marzo de 1998. <<http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop3/g9860818.pdf>>.*



En este sentido se propone un proyecto el cual además de complementar el abasto de energía en el país será un proyecto que disminuirá la emisión de gases efecto invernadero.

Este proyecto se basa en la biomasa, para poder producir biogás y ser captado en motores de combustión interna y así producir energía eléctrica.

El proyecto implica la construcción de un biodigestor en la isla de Cd. Del Carmen, Campeche, que captara toda el agua residual producida en esta Cd., ya que actualmente los problemas de disposición final de estas aguas no están regulados y son de manera clandestina, generando así focos de infección y contaminación en el subsuelo.

Cd. del Carmen cuenta con la suficiente materia prima para poder producir al menos 1900 m<sup>3</sup> de biogás por día, aproximadamente la materia fecal de 200, 000 mil habitantes más los residuos orgánicos de rastros y mercados.

Estos son los tipos de proyectos que deben de impulsar de manera estratégica y ser apoyados por los gobiernos para poder abastecer de energía a poblaciones fuera de infraestructura y combatir el cambio climático.

## I.- GEOLOGÍA Y ASPECTOS GENERALES DEL SITIO EN OPERACIÓN.

### I-1 ASPECTOS GENERALES

#### I.1.1 LOCALIZACIÓN Y VIAS DE ACCESO.

**Ciudad del Carmen** es la cabecera del municipio de Carmen, Campeche. Se localiza al suroeste de la península de Yucatán ( $18^{\circ} 38' 36''$  N y  $91^{\circ} 49' 51''$  O), en la parte occidente de la Isla del Carmen, que está situada entre el Golfo de México y la Laguna de Términos<sup>1</sup>.

Destaca por ser un importante centro de operaciones de Petróleos Mexicanos, que mantiene en la Sonda de Campeche el área de explotación de hidrocarburos más importante de México. Además, se localiza en una de las regiones del sureste del país con mayor potencial turístico, al contar con importantes atractivos naturales.

Desde el punto de vista económico, Carmen es la ciudad más importante del estado de Campeche.

La localidad goza de una arquitectura de características muy particulares que muestran en sus construcciones más antiguas la utilización de materiales de origen europeo que datan del siglo XVI. La ciudad cuenta con acceso de tipo terrestre, marítimo y aéreo, lo que le permite ser una de las dos localidades mejor comunicadas del Estado. En el acceso de tipo terrestre, la isla es comunicada por la carretera federal numero 180. En el punto norte de la isla, se cuenta con el puente de "La Unidad" que comunica con la capital del Estado, y en la parte sur el puente "Solidaridad" (el más largo en su género en Latinoamérica) que enlaza la isla con la Península de Atasta. Por lo que toca al acceso marítimo, se da a través del puerto de altura llamado "Laguna Azul" mismo que tiene la capacidad de recepción de embarcaciones de tipo turístico y comercial. En tanto que el acceso por vía aérea, se logra mediante un Aeropuerto Internacional y un helipuerto.



FIG.1 CD.DEL CARMEN, CAMPECHE.

1.- INEGI. 2010



## I.1.2 EXTENSIÓN Y OROGRAFÍA

La superficie actual del municipio del Carmen es de 16,455 Km<sup>2</sup>. Ciudad del Carmen es una población en donde la gente utiliza los recursos marinos como principal fuente de abastecimiento y trabajo. El Carmen carece de sistemas montañosos, su superficie es plana con pendientes menores al 0.3%, así, la orografía está constituida por una planicie ligeramente inclinada de este a oeste, sin elevaciones de consideración, por lo que se define como un terreno de escasa deformación geográfica.

La altitud va de un metro en la región costera y se incrementa a medida que se adentra al municipio, alcanzando una altura máxima de 85 metros sobre el nivel del mar en la parte este; la zona noroeste, cercana a la Laguna de Términos, es la parte más baja del municipio, tiene una altura de 0 a 10 metros sobre el nivel del mar. Ciudad del Carmen tiene una altura de 2 metros sobre el nivel del mar.

## I.1.3 HIDROGRAFÍA

En el municipio se localiza la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, sistema hidrológico más importante del estado que por su carácter de lluvias, periodos de sequía y la topografía del terreno, mantiene un régimen de corrientes poco irregulares a través del año, registrándose los mayores caudales en la época de lluvias de verano y otoño, que disminuyen en invierno y primavera.

La mayoría de los ríos más importantes del estado se localizan en esta región, estos son el Chumpan y Mamantel. El río Chumpan, con longitud aproximada de 60 km., tiene su origen en una zona cercana al río Usumacinta, sus afluentes principales son los arroyos de San Joaquín y la Piedad y el río Salsipuedes, desemboca en la Laguna de Términos a través de la boca de Balchacah, su volumen anual de escurrimientos es de 298 millones de metros cúbicos.

El río Mamantel tiene una longitud de 45 Km, corre de este a oeste sobre terrenos de formación caliza y desemboca en la Laguna de Términos a través de la boca de Pargos, después de atravesar la Laguna de Paulau. Su volumen medio anual de escurrimiento es de 139 millones de metros cúbicos. Su anchura es de 250 metros en su curso bajo, de 40 a 50 metros en su curso alto y tiene una profundidad de 10 metros.

Del poblado de Mamantel toma su nombre y tiene como afluente los arroyos de Cheneil, Montaraz y Xothukan.

Los ríos de menor importancia son: San Pedro y San Pablo, Piña de Vapor, Chivoha Chico y Chivoha Grande.

---

1.- INEGI.2010



El río San Pedro y San Pablo, es el único en el municipio que desemboca en el Golfo de México. Es afluente del río Usumacinta y sirve como límite entre los estados de Campeche y Tabasco.

Las lagunas que destacan en el municipio son: **Pom, Panlao, Balchacah, Atasta y de Términos.**

De éstas destaca Laguna de Términos, laguna costera de agua salada que cuenta con una superficie de 160 mil hectáreas de las que, en la actualidad, 705,016 son consideradas área de protección para la flora y fauna de la región.

Hay esteros como el de Sabancuy, cuya desembocadura, en la Laguna de Términos, da lugar a la formación de Isla Aguada.

Los arroyos más importantes del lugar, son: La Caleta, Arroyo Grande, De los franceses y Caracol, localizados en Ciudad del Carmen.

#### I.1.4 CLIMA.

El clima es calido-humedo y la temperatura varia de 25°C a 33°C. Tres clases de clima prevalecen en la región: cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, que cubre 24.1% de la superficie municipal, particularmente la región sur y oeste del municipio, donde colinda con Palizada y el estado de Tabasco; cálido sub-húmedo con lluvias en verano y alto grado de humedad, característico en 43.6% del territorio municipal; y cálido sub-húmedo con lluvias en verano de humedad relativa, que cubre 32.3% de superficie municipal.

#### I.1.5 FAUNA Y PRINCIPALES ECOSISTEMAS

El municipio del Carmen forma parte del trópico húmedo, en consecuencia presenta gran diversidad de ecosistemas y variedades vegetales.

##### Selva alta sub-perennifolia:

Comunidad arbórea con un promedio de altura mayor de 30 metros. Tiene como componentes principales las siguientes especies: Ramón Capomo (brosimun aliscastrum), chicozapote (manilkara zapata), caoba (swetenia macrophyla) y pucte (bucida buceras).

##### Selva mediana subperennifolia:

Localizada principalmente en hondonada, crecen ahí; el palo de tinte (haematoxyllum campechianum), chechen blanco (cameraria litifolia) y pucte (bucida buceras).



### Sabanas:

Compuesta principalmente de gramíneas, ásperas amacolladas, cyperáceas, vegetación dispersa, andropogon y paspalum, entre las más importantes.

### Manglares:

Localizados en zonas bajas fangosas y con aguas. La altura aproximada de sus componentes es de 25 metros, en él crece el mangle (rhizophora).

### Tular:

Localizado principalmente a orillas de lagos y lagunas, está compuesto por carrizales, tule, thypa-sp, circus-sp, phagmites.

La fauna se divide en tres grandes grupos: reptiles (lagartos, iguanas, culebras, víboras, cocodrilos y tortugas), mamíferos (conejos, venados, mapaches, ocelotes, armadillos, tapires y ardillas), y aves (codornices, gavilanes, palomas, chachalacas, loros, guacamayas, faisanes y lechuzas).

## **I.1. 6 CLASIFICACIÓN Y USO DEL SUELO**

El municipio se caracteriza por tener las siguientes clases de suelo:

### Gleysol sálico:

Se encuentra en la zona sistmica, esta formado por suelos de acumulación de materias orgánicas en el que se estanca el agua, lo que lo hace, evidentemente, húmedo, arcilloso y pesado. Su vegetación natural es de pastizal, cañaveral y tular. Representa el 26% del total de la superficie del municipio.

### Vertisol pelico:

Conocido en maya como akalche, se encuentra en zonas planas con escasa o nula pendiente. En el municipio se localiza en una franja que corre en él término medio de norte a sur, se caracteriza por ser profundo y compuesto de arcilla y capa orgánica. Este suelo es de media a alta fertilidad, pero su drenaje natural es muy lento, por lo que es adecuado para cultivos como el arroz y la ganadería bovina. Son suelos frecuentemente negros y rojizos, de vegetación natural variada y susceptible a la erosión. Representa el 16% de la superficie municipal.

### Rendzinas liticas:

Conocido como tzeke plus luum, se localizan en los límites con el municipio de Champotón y la República



de Guatemala, son suelos jóvenes, poco profundos, aptos para la siembra de frutas y hortalizas. El 34% de la extensión territorial la compone este tipo de suelo.

#### Luvisol gleyco:

Localizados en una pequeña franja, son suelos que presentan altas concentraciones de sal sódica, características de las marismas, pantanos costeros y manglares con los que se asocian. Susceptibles a la erosión, ocupan el 4% de la superficie del este del municipio.

#### Regosol eutrico:

Suelos marinos de alta concentración de sal sódica que ocupan el 7% del municipio.

#### Litosol:

Suelos sin desarrollo, con roca dura y escasa profundidad, abarca el 13% de la superficie total municipal.

### **I.1.7 DEL CAMARON AL PETRÓLEO.**

Antes de los centros de operaciones de Petróleos Mexicanos, los pobladores de la Isla del Carmen buscaban una salida a su crisis económica, varios eran los proyectos que se tenían en mente, desde un gran hotel hasta una fábrica de botones, de todos estos proyectos el único que llegó a consumarse fue la instalación de empacadoras de marisco. Mientras en la isla se discutían esas posibilidades, compañías Camaroneras nacionales y extranjeras incrementaban su presencia en las costas de Carmen, donde se hallaban los bancos vírgenes de camarón rosado del Golfo. Este inicio anárquico, un tanto caótico, fue el principio de explotación del recurso natural que marcaría la economía de Carmen los siguientes 35 años. Las bondades entre esta industria y las que la precedieron, como la del palo de tinte y maderas preciosas, permitieron la diversificación de las actividades ocupacionales de la región.

El descubrimiento de petróleo, por el pescador Rudesindo Cantarell en marzo de 1971 en las costas de Carmen, significó una nueva etapa en la vida de este municipio y un elemento de gran trascendencia en el destino del país.

## **I. 2 GEOLOGÍA GENERAL.**

### **I.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA.**

Cd. Del Carmen se localiza en aguas territoriales del golfo de México, forma parte de la plataforma continental frente a los estados de, Tabasco y Campeche, respectivamente. Geológicamente forma parte de la provincia geológica marina de Campeche.



## **I.2.3 ESTRATIGRAFÍA Y COLUMNA GEOLÓGICA DEL ÁREA EN ESTUDIO.**

### **BASAMENTO.**

Petróleos mexicanos ha realizado trabajos de magnetometría que sugieren la existencia de un basamento magnético a profundidades que varían desde 2000 m sobre la plataforma continental en la porción sur de la isla de Cozumel y hasta 12,000 m., frente a las costas de frontera. En el estado de tabasco.

Por otro lado en la plataforma de Yucatán se perforó el pozo Yucatán-1 con objetivo estratigráfico, cortando una serie metamórfica constituida por un esquistos cristaloblástico que fué datado con  $290 \pm 30$  m.a.

Posteriormente en 1981 un proyecto de perforación en el mar profundo confirmó la existencia de corteza transicional, constituida por diques de diabasa, intrusionando un basamento metamórfico representado por gneis milonítico y anfibolítico datado con una antigüedad de  $\pm 500$  m.a. y las intrusiones de diabasa entre 160-190 m.a.

### **PALEOZOÍCO**

Los datos que se tienen del paleozoico más cercanos a la zona marina corresponden a un pozo perforado en el continente sobre la actual plataforma de Yucatán, que corto una serie metamórfica constituida por esquistos cristablásticos subyacentes a lechos rojos de la probable formación “todos santos”; las edades radiométricas indicaron una antigüedad de  $290 \pm 30$  m.a. (Bass y Zartman). Así mismo, las perforaciones hechas en la zona profunda del golfo reportan la presencia de un gneis milonítico y anfibolítico. Con antigüedad de  $\pm 500$  m.a. correspondiente al Paleozoico inferior, constituyendo probablemente el basamento metafórico en el área marina.

### **JURÁSICO SUPERIOR.- (OXFORDIANO)**

Rocas de esta edad se cortaron en los pozos chac-1, cantarell-2239 y caan-1 en la sonda de Campeche, consisten de areniscas, arenas, limolitas y bentonitas de color gris olivo. Generalmente esta serie sedimentaria está acompañada con intercalaciones delgadas y aisladas de calizas arcillosas y silicificadas. Presentan estructuras sedimentarias tales como microlaminaciones onduladas, gradadas, etc. Como accesorios se llegan a observar anhidritas, cuarzo detrítico, micas, etc.; su porosidad es de tipo primaria, intergranular, con impregnación en algunas partes de aceite ligero.

### **JURÁSICO SUPERIOR.- (KIMMERIDGIANO)**

Para su referencia se ha sido dividido en dos litofacies; una situada en la parte superior de este piso, y otra en la inferior<sup>2</sup>. El litosoma superior está constituido por terrígenos (arcillosos y bentónicos), con intercalaciones aisladas de calizas arcillosas, cretosas y bentónicas. Gradúan lateralmente a cuerpos evaporíticos intercalados con carbonatos y terrígenos o constituyendo parte de ellos.

2.- FRANCISCO J. ÁNGELES AQUINO. MONOGRAFÍA PETROLERA. DE LA ZONA MARINA 8 de Noviembre de 1985.



Su coloración es generalmente gris olivo y negro, se observan estructuras sedimentarias tales como microlaminaciones, calcos de flujo, granos indeterminados, estilolitas, grumos, fracturas selladas por calcita; como accesorios se observan minerales férricos (magnetita, pirita), anhidrita, yeso, aragonita y calcita. Los procesos diagenéticos los representan principalmente la dolomitización y la silicificación, aunque también se observan, granos piritizados y cristales euhedrales. La porosidad es intergranular, móldica o intercrystalina. Hay pobre impregnación de aceite pesado y residual.

El litosoma inferior está caracterizado por cuerpos potentes de carbonatos con algunas intercalaciones de terrígenos, los primeros alcanzan espesores hasta de 1260m (ku-407). estos cuerpos carbonatados son generalmente dolomías mesocrystalinas de color cremay gris olivo, en su origen packstone de oolitas, pellas y algas, ligeramente bentoníticas, gradúan lateralmente a dolomías microcrystalinas y evaporitas (yeso y anhidrita), con espesores delgados, así como limolitas café rojizo y areniscas. En algunas partes gradúan hacia la base (chac-1, ixtoc-18) a dolomías microcrystalinas gris verdoso y areniscas gris blanquizco.

Las estructuras sedimentarias observadas son: líneas estilolíticas, grumos, intraclastos, oolitas, granos piritizados, granos en contactos estilolíticos; la matriz es en mosaico; presenta en partes aspecto brechoide, la porosidad es móldica, intercrystalina, en cavidades de disolución, cavidades de origen desconocido y fracturas. Tiene impregnación pobre de aceite pesado y ligero.

### **JURÁSICO SUPERIOR.- (TITHONIANO)**

Rocas de esta edad se han identificado todos los pozos en la sonda de Campeche. A diferencia de los pisos anteriores, este es uno de los más uniformes con un espesor promedio de 265m, lo constituyen calizas arcillosas color obscuro, con intercalaciones de lutitas bituminosas ligeramente calcáreas, en algunas partes se observan carbonosas, contienen abundante materia orgánica de origen vegetal (algáceas, restos de plantas, carbonosas) y animal (restos de pez), gradúan lateralmente a mudstone arcilloso bentónico color negro olivo y anhidrita gris blanquizca.

presenta estructuras sedimentarias tales como microlaminaciones, nódulos de pedernal, microlentes de bentonita, perturbación mecánica, perturbaciones biógenas, barrenos biógenos, fracturas selladas con calcita, calcos de flujo, litoclastos, granos lixiviados. como accesorios se observan: anhidrita, bentonita, calcita, cuarzo detrítico, micas. Macropaleontológicamente presente amonoideos del genero durangites sp., bioclastos indeterminados, restos de pez, restos de plantas, placas de equinodermos, restos de moluscos. Micropaleontológicamente la asociación faunística de calpionella alpina, calpionella elíptica, crasicolaría, masutiniana, tintinopsella carpática, saccocoma folamentosa, saccocoma lombardia araichnoidea, eotrrix alpina, lombardia angulata, sitúan a este piso. Se observan también radiolarios piritizados y calcificados del género dictryomita, cadosinas sp. y su porosidad es primaria del tipo, intergranular e intercrystalina; en algunas partes se observa pobre impregnación de aceite ligero, pesado y residual. La diagenesis está respresentada por dolomitización y silicificación incipiente. El ambiente sedimentario generalmente es típico de cuenca, aunque gradúa en algunas partes a depósitos de plataforma (pozo tunich-1).

Desde el punto de vista petrolero esta es una de las unidades más importantes, dado que se considera la principal roca generadora del área marina de acuerdo a los estudios paleosedimentarios (a. Flores Vargas, Ángeles Aquino).



## **CRETÁCICO INFERIOR**

Este nivel estratigráfico con espesor promedio de 460 m. está representada por seis litosomas, caracterizados por mudstone bentónicos color verde y gris olivo ligeramente dolomitizado, dolomía micro cristalina; color gris verdoso, gris blanquizo y gris olivo, en su origen mudstone a wackestone de intraclastos y exoclastos tamaño rudita y arena, así como calizas cretáceas color crema. Existen también horizontes arcillosos caracterizados por lutitas oscuras y bentonitas verdes. las estructuras sedimentarias observadas son las siguientes: líneas estilolíticas, estratificación gradada, microlaminación ondulada, perturbación mecánica, calcos de flujo, grumos, carpetas de algas, fracturas selladas por calcita, espectros de grano, bioclastos (briozoarios, miliólidos, calciesferulidos), intraclastos, horadaciones biógenas, calcos de carga, microlentes de bentonita, como accesorios se tienen pedernal claro, oscuro, pirita, cuarzo y bentonita.

Los procesos diagenéticos presentes son la dolomitización, silisificación y en menor grado estilolitización, crecimientos sintaxiales, cristalizaciones euhedrales y probable dedolomitización. la porosidad es pobre a regular de tipo primaria, secundaria (intercristalina, móldica, en fracturas y cavidades de origen desconocido). Hay impregnación de aceite ligero, pesado residual y gilsonita, parte de esta unidad es considerada generadora, aunque su carácter principal es de roca sello.

## **CRETÁCICO MEDIO.**

Este nivel estratigráfico tiene un espesor de 176 m. está representado por cinco litosomas constituidos por mudstone a wackestone de exoclastos, intraclastos y bioclastos, bentónicos, ligeramente dolomitizado y silicificado, de color gris olivo claro; se observan también cuerpos de dolomía microcristalina, gris blanquiza, gris olivo; así mismo horizontes arcillosos de lutitas oscuras y bentonitas gris verdoso y verde amarillento, las estructuras sedimentarias observadas son las siguientes: microlaminaciones, líneas estilolíticas, espectros de grano, fracturas sellada por calcita, relices, grumos, intraclastos, nódulos, calcos de flujo, perturbación mecánica, microlaminación gradada, bioclastos, estructuras de corte y relleno, fracturas selladas por dolomita, litoclastos con textura cataclástica. Como accesorios se tienen pirita, pedernal claro, oscuro, anhidrita, cuarzo autógeno, bentonita. La porosidad es pobre a regular, primaria y secundaria, intercristalina, móldica, en fracturas y cavidades de origen desconocido. Los procesos diagenéticos están representados por dolomitización, silicificación y cristalización euhedral.

## **CRETÁCICO SUPERIOR**

Tiene un espesor promedio de 272m. está constituido por cinco lithosomas representados por carbonatos tales como mudstone a wackestone de exoclastos, bioclastos y litoclastos ligeramente bentónicos color crema, café y gris olivo claro, dolomías microcristalinas, en su origen un mudstone bentónico de foraminíferos y litoclastos color gris olivo claro, con intercalaciones de margas lutitas y bentonitas, las estructuras sedimentarias observadas son las siguientes: microlaminaciones onduladas, grumos, intraclastos, líneas estilolíticas, espectros de grano, fracturas selladas por calcita, micro horizontes silicificados, relices planchados, bioperturbaciones horadaciones biógenas, perturbación mecánica, grumos, carpetas de algas ojos de pájaro, calcos de flujo, pedernal claro, oscuro con asfalto. Como accesorios se tienen: pirita, pedernal claro, oscuro, anhidrita y bentonita. Hay dolomitización y silicificación.

La porosidad es pobre a regular en cavidades de origen desconocido. Hay pobre impregnación de aceite ligero, pesado y residual.



## **B R E C H A - (CRETÁCICO SUPERIOR-PALEOCENO)**

Entre los límites del cretácico superior-paleoceno inferior se encuentra una unidad constituida por dolomías y calizas clásticas, integrada por exoclastos tamaño de brechas, que es desde el punto de vista económico petrolero la más importante en toda la zona marina y posiblemente en el país, ya que la máxima producción de hidrocarburos provienen de este cuerpo calcáreo, por su carácter discordante su distribución cronoestratigráfica es muy irregular, sin embargo, se considera que gran parte de ella se encuentra enmarcada en el cretácico superior, sin descartar la posibilidad de que la porción superior pertenezca al paleoceno, si tomamos en cuenta que es el manifiesto de un evento diastrófico que no fue sincrónico y cuyo máximo paroxismo tuvo lugar precisamente en el paleoceno. A continuación se describen las características generales de esta unidad.

Se encuentra controlada mediante 104 pozos con un espesor promedio de 205m (ver la tabla). Está constituida por flujo de detritus carbonatados provenientes de la plataforma, caracterizado generalmente por wackestone de exoclastos tamaño rudita, cada uno de los cuales son:

- a).- Dolomía microcristalina color café.
- b).- Wackestone de miliólidos color gris claro.
- c).- Wackestone de bioclastos color crema.
- d).- Wackestone de carpetas de algas gris y gris crema olivo.
- e).- Wackestone de litoclastos e intraclastos.

Todos ellos en una matriz calcareo-bentonítica dolomitizada total o parcialmente, se observan estructuras sedimentarias tales como estructuras geopetales, estructuras fenestrales, líneas estilolíticas, carpetas de algas, microlaminaciones, perturbación mecánica, calcos de flujo, fracturas selladas por calcita. Como accesorios presenta pirita diseminada, bentonita, pedernal claro y oscuro, anhídrita y calcita, tiene impregnación de aceite ligero, pesado y residual. El proceso diagenético predominante es la dolomitización. Es importante indicar que en los exoclastos se encuentran generalmente fauna de aguas someras y en la matriz fauna planctónica de cuenca (globotruncanidos, hederbergellidos, tintínidos, etc) dichos clastos en ocasiones son tan enormes que son confundidos con unidades completas (pozo Abkatún 212, núcleo No. 1) con una excelente porosidad, sin embargo, no son más que bloques provenientes de la plataforma y acarreados hacia la cuenca incluso como enormes mantos de deslizamiento.

## **PALEOCENO INFERIOR.**

Está constituido por siete litosomas, representados por rocas tales como wackestone a packstone bentonítico de bioclastos, exoclastos ligeramente dolomitizados, color café claro, grisáceo y café oscuro, bentonitas verde olivo, grisáceo y lutitas bentoníticas; así como dolomías mesocristalinas, en su origen un packstone de exoclastos color gris blanquizco.

Las estructuras sedimentarias que se observan son las siguientes: microlaminaciones, espectros de grano, ojos de pájaro, grumos, litoclastos, bioclastos (briozarios), oolítas, fracturas selladas por asfalto. Como accesorios se tienen: pirita pedernal claro, oscuro, yeso, cuarzo detrítico, hay dolomitización, silicificación y cristalización euhedral.

La porosidad en regular a buena, ocasionalmente pobre de tipo primaria y secundaria (moldica, intercrystalina, en cavidades de origen desconocido), tienen impregnación pobre de aceite ligero y pesado.



## **PALEOCENO SUPERIOR**

El paleoceno superior en la sonda de Campeche ha sido atravesado por todos los pozos perforados en ella. Está constituido por lutitas con intercalaciones aisladas de lutitas bentónicas y arenas, por lo que pierde su interés como roca generadora y almacenadora.

## **EOCENO.**

Está representado principalmente por lutitas gris verdoso, gris claro y ocasionalmente gris oscuro, calcáreas, es importante mencionar algunos flujos aislados de detritus que constituyen brechas en el eoceno medio e inferior que presentan buenas manifestaciones de hidrocarburos en algunos pozos del complejo Cantarell y Ku, sin embargo, en el resto del área estos sedimentos no presentan estas características.

## **OLIGOCENO**

Esta unidad está constituida por lutita gris verdoso a gris oscuro, ligeramente arenosa y lutita bentónica verde olivo, compacta, con intercalaciones de capas delgadas de areniscas, de grano fino a muy fino, inmadura, calcárea. Esta zona presenta un alto contenido faunístico propio de aguas profundas.

## **MIOCENO INFERIOR.- (DEPOSITO)**

Está constituida por una alternancia de arena de grano medio y lutitas calcáreas, bentónicas, color gris verdoso a gris oscuro, acompañadas con aislado, acompañadas con aislados cuerpos de arenisca calcárea, tiene un espesor irregular que varía desde 140 m hasta 1980 cm.

## **MIOCENO SUPERIOR.**

- (CONCEPCIÓN INFERIOR)

Está constituida por una alternancia de arena y lutita gris oscuro a gris verdoso, plástica, arenosa con bioclastos; semidura y laminar, con alto contenido de microfauna, tiene intercalaciones aisladas de areniscas con espesores variables (3 a 25 m) su espesor es del orden de los 221 m.

- (CONCEPCIÓN SUPERIOR)

Su espesor varía de 300-1000 m. consiste de una alternancia de arena arcillosa de grano fino, color gris claro, lutita arenosa, color gris verdoso a oscuro, con restos de micro y macrofauna y carbón (lignito).

- (FILISOLA)

Se caracteriza por un cuerpo de arena gris claro de grano fino a medio, con esporádicas intercalaciones delgadas de lutita arenosa. Presenta un espesor del orden de los 500 m. Las arenas se presentan en parte ligeramente arcillosas y en ocasiones cementadas por  $\text{CaCO}_3$ . Se observan también restos de moluscos y aisladas capas de carbón.



- (PARAJE SOLO)

Está representada por una alternancia de cuerpos de lutita gris verdoso y areniscas calcáreas de grano fino, con restos de moluscos y capas delgadas de carbón (lignito). Su espesor es del orden de los 600 m.

### **PLIOCENO.- (AGUEGUESQUITE)**

Su espesor varia de 370 m a 1120 m, está constituido en su parte superior por una alternancia de lutitas y arenas y en la inferior por cuerpos de lutitas con abundantes foraminíferos, cambia lateralmente de facies hacia el norte del área donde la secuencia se vuelve más arcillosa. En toda la secuencia se observan restos de moluscos y carbón (lignito).

### **PLIO – PLEISTOCENO.-**

A partir del fondo marino se corta una serie sedimentaria caracterizada por una arena gris claro, amarillo claro, de grano fino a medio y restos de bioclastos; con intercalaciones aisladas de lutita gris verdoso, suave, arenosa, de probable edad reciente.

## **II.-ANTECEDENTES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL PROTOCOLO DE KYOTO<sup>1</sup>.**



## II.1.1 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC)<sup>2</sup>.

El cambio climático es considerado como una de las amenazas más serias para el medio ambiente global; según se prevé, tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos, su seguridad alimentaria, la actividad económica, el agua y otros recursos naturales y de infraestructura física. El clima global varía naturalmente, pero los científicos concuerdan en que las crecientes concentraciones de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera de la Tierra están conduciendo a un cambio climático.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés)<sup>3</sup>, los efectos del cambio climático ya han sido observados, y la mayor parte de los científicos cree necesaria una acción rápida para prevenirlos.

La respuesta política internacional al cambio climático comenzó con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC<sup>4</sup> por sus siglas en inglés) en 1992. Esta convención establece un marco para la acción cuyo objetivo es la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, para evitar que interfiera peligrosamente con el sistema climático.

La UNFCCC se basa en los siguientes principios:

- Las partes (o países que la conforman) deben proteger el sistema climático para el beneficio de las generaciones presentes y futuras, a partir de la equidad y la responsabilidad común pero diferenciada.
- Las necesidades específicas y las circunstancias particulares de los países en desarrollo, especialmente las de aquellos más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, deben ser tomadas en especial consideración.
- Las partes deben tomar medidas que permitan anticipar, prevenir o minimizar las causas del cambio climático. La falta de certeza científica absoluta no será razón para posponer medidas tendientes a controlar daños serios o irreversibles.

---

1. *Los capítulos I, II y III se sustentan en el documento elaborado por el economista Lorenzo Eguren para CEPAL: .El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: Balance y perspectivas. Serie Medio Ambiente y Desarrollo n.º 83, 2004.*

2. *.-El documento de la UNFCCC se puede encontrar en <<http://www.unfccc.com>>.*

3. *.-El IPCC fue constituido en 1988 por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (WMO por sus siglas en inglés) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP por sus siglas en inglés), con el fin de contribuir a la solución de los problemas que podría generar el calentamiento global. El IPCC, conformado por más de 2,000 científicos, provee información respecto del estado del conocimiento en torno del cambio climático, así como reportes e informes técnicos en temas específicos necesarios para el correcto funcionamiento de los organismos del UNFCCC.*

4. *UNFCCC.CoP-3: Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Tercer Periodo de Sesiones, celebrada en Kyoto del 1 al 11 de diciembre de 1997. Medidas adoptadas por la conferencia de las partes en su tercer periodo de sesiones., 25 de marzo de 1998. <<http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop3/g9860818.pdf>>.*

- Las partes tienen el derecho y el deber de promover el desarrollo sostenible.



- Las partes deben cooperar en la promoción de un sistema económico internacional que contribuya al crecimiento sostenible y el desarrollo de todas las partes. Las medidas para combatir el cambio climático no deben constituir un medio para la discriminación o la restricción del comercio internacional.

En esta Convención las partes se comprometieron a desarrollar, actualizar y publicar inventarios nacionales de GEI; a desarrollar programas para la mitigación del cambio climático mediante la reducción de emisiones y el uso de sumideros; a establecer medidas para la adaptación al cambio climático; a promover y cooperar en el desarrollo de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan la emisión de GEI, incluyendo a los sectores agrícola y forestal.

La UNFCCC entró en vigencia el 21 de marzo de 1994, y está integrada hoy por 188 estados parte (países miembros).

### II.1.2 El Protocolo de Kyoto4 (CoP-3, 1997)

Con el fin de poner en práctica la UNFCCC se realizan anualmente reuniones para discutir y tomar decisiones. Estas reuniones se llaman Conferencias de las Partes (CoPs). En diciembre de 1997, durante la COP-3, realizada en Kyoto, Japón, se acordó el Protocolo de Kyoto, que compromete a los países desarrollados y a los países en transición hacia una economía de mercado a alcanzar objetivos cuantificables de reducción de emisiones. Estos países, conocidos en la UNFCCC, se comprometieron a reducir su emisión total de seis gases de efecto invernadero hasta al menos 5,2 por ciento por debajo de los niveles de emisión de 1990 durante el periodo 2008-2012 (el primer periodo de compromiso), con objetivos específicos que varían de país en país. El nivel de compromiso de estos países se refleja en el Anexo B del Protocolo de Kyoto (PK) en forma de porcentajes respecto del año base (1990).

El Protocolo también estableció tres mecanismos para asistir a las Partes del Anexo I en el logro de sus objetivos nacionales de un modo costo-efectivo:

- a. El comercio de emisiones entre países desarrollados, que consiste en la transferencia de reducciones de carbono entre países industrializados basadas en compras de derechos de emisión a países que están por debajo de sus cuotas. Las unidades de venta se denominan Assigned Amount Units (AAU).
- b. El Mecanismo de Implementación Conjunta (IC), basado en la transferencia de créditos de emisiones entre países desarrollados, es un mecanismo sustentado en proyectos, y permite acreditar unidades de reducción de emisiones a favor del país inversor en proyectos de reducción de carbono. Las unidades de venta se denominan Emission Reduction Units (ERU).
- c. El tercero, llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), es el único que involucra a países en desarrollo. El MDL permite que proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de Certificados de Emisiones Reducidas (CER), mitigando la emisión o secuestrando gases de efecto invernadero de la atmósfera. El propósito del MDL es ayudar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible, así como contribuir con los países con metas de reducción a cumplir sus compromisos cuantificados.

En las siguientes reuniones las partes negociaron la mayoría de las reglas y detalles operativos que determinan cómo serán alcanzadas estas reducciones de emisiones y cómo se medirán y evaluarán los esfuerzos de los países. Para entrar en vigor, el Protocolo debe ser ratificado por al menos 55 partes de la UNFCCC, que en 1990 representaban, en total, 55 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero.



Cabe señalar que el PK ya entró en vigor, pues la Federación Rusa lo ratificó el 3 de noviembre del 2004, este país representa el 17,4% de las emisiones. Ciento treinta y seis partes han ratificado o aceptado el Protocolo, incluyendo 37 del Anexo I, que representaban en 1990, en total, 61,6 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono.

### II.1.2.1 Gases de efecto invernadero

Los GEI considerados por el Protocolo de Kyoto son los seis gases a los que se les atribuye la mayor responsabilidad por el incremento de la temperatura global y de los disturbios en los patrones del clima. El efecto causado por la emisión de GEI a la atmósfera es medido por el índice de poder de calentamiento global (GWP).

Los tres gases más encontrados en la naturaleza son:

**El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** Gas natural liberado como producto de la combustión de combustibles fósiles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de los diversos usos del suelo. Para el CO<sub>2</sub> se considera el valor base del GWP igual a 1.

**El metano (CH<sub>4</sub>).** Gas emitido en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería y extracción de gas y petróleo. El CH<sub>4</sub> tiene un GWP igual a 21 (21 veces más potente que el CO<sub>2</sub>).

**El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).** Gas producido durante la elaboración de fertilizantes y la combustión de combustibles fósiles, y cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte. El N<sub>2</sub>O tiene un GWP igual a 296 (296 veces más potente que el CO<sub>2</sub>).

Aunque la actividad humana no es necesaria para que estos tres gases se liberen a la atmósfera, sí está contribuyendo a aumentar su volumen. Además de los tres ya mencionados, hay otros tres gases que resultan principalmente de la ingeniería química. Estos son:

**Los hidrofluorocarbonados (HFC).** Se emiten en algunos procesos industriales y se los usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado. Los HFC tienen un GWP igual a 1,300 (1,300 veces más potente que el CO<sub>2</sub>).

**Los perfluorocarbonados (PFC).** Desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazara algunos gases que destruían la capa de ozono, estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales. Los PFC tienen un GWP que va de 6,500 a 9,200.

**El hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).** Aunque este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales, es el más potente de los GEI. El GWP de SF<sub>6</sub> es igual a 22,000. Es emitido durante la producción de magnesio y se aplica en algunos equipos eléctricos.

### 1.2.2 Actividades que producen gases de efecto invernadero

Los sectores y actividades responsables de las mayores emisiones de gases de efecto invernadero se encuentran listados en el Anexo A del Protocolo de Kyoto, que se muestra en el cuadro 1.1.



**Cuadro 1.1**  
**Emisiones de gases de efecto invernadero por sector**

<b>Energía</b>	<b>Procesos industriales</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Residuos</b>
<b>CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>O</b>	<b>CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>O-HFC- PFC-SF<sub>6</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>O</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>
<ul style="list-style-type: none"><li>Quema de combustibles</li><li>• Generación de energía</li><li>• Industrias de manufactura</li><li>• Construcción</li><li>• Transporte</li><li>• Otros sectores</li><li>• Emisiones fugitivas de combustibles</li><li>• Combustibles sólidos (petróleo y gas natural)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Productos minerales</li><li>• Industria química</li><li>• Producción metálica</li><li>• Producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre</li><li>• Uso de solventes</li><li>• Otros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fermentación entérica</li><li>• Manejo de residuos de ganaderos</li><li>• Cultivo de arroz</li><li>• Suelos agrícolas</li><li>• Quema de campos y de residuos agrícolas</li><li>• Otros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disposición de residuos sólidos</li><li>• Manejo de aguas residuales</li><li>• Incineración de basura</li><li>• Otros</li></ul>

### 1.2.3 Magnitud de los compromisos de reducción de emisiones

En el cuadro 1.2 aparecen los países que conforman el Anexo B del Protocolo de Kyoto y sus compromisos de reducción de emisiones. Además, muestra la cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente que cada país tiene por encima o por debajo de sus metas de reducción o limitación de gases de efecto invernadero y, por tanto, su posición como comprador o vendedor de créditos de carbono.

**Cuadro 1.2**  
**Posición de países con compromisos cuantificados de limitación y reducción en millones de tCO<sub>2</sub>e en el marco del Protocolo de Kyoto<sup>5</sup>**

País (Anexo B)	Compromiso de reducción (%) del nivel de 1990)	Demanda / oferta de emisiones (millones de tCO <sub>2</sub> e)		Posible posición para el 2010
		Último reporte (1999)	Proyecciones BAU* para el 2010	
Australia	108	31	18	Comprador
Austria	92	9	9	Comprador
Bélgica	92	19	8	Comprador
Bulgaria	92	-45	-10	Vendedor
Canadá	94	117	103	Comprador
República Checa	92	-38	-27 a -53	Vendedor
Dinamarca	92	+6.5	+12	Comprador
Finlandia	92	+7	+37	Comprador
Francia	92	+49	+70	Comprador
Alemania	92	-95	+66	Comprador
Grecia	92	+24	+32 a +49	Comprador
Hungría	94	-8	-10	Vendedor
Italia	92	+63	+103	Comprador
Japón	94	+176	+319	Comprador
Holanda	92	+34	+53	Comprador
Nueva Zelanda	100	+2	+15	Comprador
Noruega	101	+6.7	+16	Comprador
Polonia	94	-130	-3 a -85	Vendedor
Portugal	92	+16	+16	Comprador
Rumania	92	-80	+41	Comprador
Rusia	100	-1,073	-89 a -122	Vendedor
Eslovaquia	92	-17	-5.4 a -13	Vendedor
España	92	+82	+84	Comprador
Suecia	92	+6.4	+9	Comprador
Suiza	92	+4.3	+4.2	Comprador
Ucrania	100	-455	-152 a -68	Vendedor
Reino Unido	92	-11	+5	Vendedor
Estados Unidos	93	+1,033	+2,154	Comprador
<b>TOTAL</b>		Anexo B sin EEUU: -1,299	Anexo B sin EEUU:	
Compradores		+ 653	+1,020.2	
UE total		+168	+473	

Cálculos hechos por EcoSecurities basados en los niveles de emisión y proyección BAU al 2010 Incluidos en las últimas comunicaciones Nacionales al UNFCCC. BAU = Business as Usual (Prácticas usuales).

Fuente: Carbon Market Intelligence Reports Executive Summary, Prepared for PCFplus Research by EcoSecurities Ltd. PCFplus Report 9, Washington DC, March 2002

<sup>5</sup> En el cuadro 1.2, las tCO<sub>2</sub>e calculadas para 1999 se basan en los reportes de los inventarios nacionales de GEI (.Comunicaciones nacionales.), y para el año 2010 en las emisiones proyectadas según el desarrollo esperado de la economía o prácticas usuales (Business as Usual).



Los resultados indican que, para poder cumplir con las metas de emisiones, los países compradores del Anexo B necesitan adquirir alrededor de 1,020 millones de tCO<sub>2</sub>e durante cada uno de los cinco años de compromiso. Esto no incluye a los Estados Unidos, que no ha ratificado el Protocolo a pesar de que necesitaría comprar el doble de lo que compran todos los países del Anexo B juntos.

Para 1999, países como Rusia y Ucrania, que no han asumido medidas de reducción, registraron niveles de emisiones por debajo de las metas del Protocolo de Kyoto. Esta diferencia entre las emisiones reales y las metas del Protocolo es conocida como Hot Air. Tal excedente de créditos puede ser vendido bajo el mecanismo de comercio de emisiones a precios bajos, ya que estos créditos o permisos de emisión se asignan, no se crean.

Como se muestra en el cuadro 1.2, según los niveles de emisión de 1999 es posible que haya suficiente Hot Air para cumplir con la mayor parte de los requerimientos de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) sin considerar la demanda de los Estados Unidos. Ello no obstante, se espera que para el periodo de compromiso este Hot Air haya disminuido sensiblemente por el crecimiento de la economía rusa. Por tanto, Rusia está limitada en la venta de todo su Hot Air porque necesita cumplir con sus metas de limitación de emisiones establecidas en Kyoto. El resultado neto de la demanda por créditos de carbono sería de alrededor de 690 millones de tCO<sub>2</sub>e anuales, incluyendo el Hot Air.

## II.2.- EL MERCADO DE CARBONO

A pesar de las incertidumbres del mercado de carbono, que responden a que el mayor emisor del mundo, los Estados Unidos de América, no ha ratificado el PK, y de que este Protocolo ha entrado en vigor tardíamente (apenas a principios del año 2005), un mercado global de carbono ha emergido debido a la percepción de que en el futuro las restricciones a la emisión de GEI serán mayores. En el corto plazo, estas restricciones se reflejan en el PK, que, a su vez, da pie para que entidades internacionales, gobiernos y corporaciones tomen medidas proactivas sobre el asunto.

Según una investigación del Banco Mundial<sup>6</sup>, se podría decir que no existe un solo mercado de carbono, definido por un solo producto, un solo tipo de contrato o un sistema único de compradores y vendedores. Lo que llamamos .mercado de carbono. es un conjunto de transacciones en el que se intercambian cantidades de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo, la información es limitada, especialmente aquella relativa a los precios, ya que no hay una cámara central de compensación para las transacciones de carbón.

6.- Lecocq, Franck y Karan Capoor: .State and Trends of the Carbon Market.. Preparado por World Bank PCFplus, basado en el material provisto por Natsource LLC, CO<sub>2</sub>e.com LLC y Point Carbon, octubre del 2002.



Sin embargo, podemos distinguir dos grandes esferas en las que se realizan las transacciones de carbono: en una se desarrollan las transacciones de carbono que buscan cumplir con el marco establecido por el PK, y, en la otra, iniciativas paralelas de comercio de emisiones fuera del Protocolo, como las iniciativas voluntarias de restricción de emisiones y las decisiones federales y estatales de los Estados Unidos para mitigar las emisiones de GEI, país que, como ya se mencionó, no es parte del Protocolo de Kyoto.

## II.2.1 Mercado de Kyoto

### II.2.1.1 Gobiernos

Los gobiernos han establecido diversos esquemas para poder cumplir con los compromisos de Kyoto. Los principales hasta el momento son los de comercio de la Comunidad Europea, del Reino Unido y del Gobierno Holandés. En este último caso, más que un esquema doméstico, ha decidido trabajar directamente sobre los mecanismos de mercado del PK.

En julio del 2003 el Parlamento Europeo votó a favor de una directiva que da origen al Régimen Europeo de Comercio de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (European Union Emissions Trading Scheme EUETS por sus siglas en inglés). Este régimen pretende armonizar los varios esquemas de comercio de emisiones que han sido establecidos en países de Europa.

El EUETS comenzaría en el 2005, y en su primera fase solo cubriría emisiones de gases de efecto invernadero de grandes industrias y actividades energéticas que constituyan el 46 por ciento de las emisiones de la Unión Europea del 2010.

De acuerdo con la directiva aprobada, a partir del 1 de enero del 2005 cerca de 10,000 instalaciones en la Unión Europea recibirán derechos de emisión de GEI que podrán ser intercambiados en el marco del esquema de comercio. Así, los emisores que reduzcan sus emisiones por debajo de la cantidad autorizada podrán vender sus derechos excedentes o conservarlos para utilizarlos en periodos futuros.

**Durante el periodo 2005-2007, la penalización por cada tonelada emitida por encima de la cantidad de derechos en poder de la instalación será de 40 euros, y a partir del 2008 ascenderá a 100 euros por tonelada de CO<sub>2</sub>.** Esta penalización no exime al emisor de presentar a las autoridades la cantidad de derechos faltantes.

La directiva es compatible con los mecanismos de flexibilidad del PK. La propuesta establece que los créditos generados en proyectos de implementación conjunta y MDL podrán ser convertidos en derechos de emisión conforme al régimen. La directiva aprobada por la Comisión prevé un sistema de revisión que se aplicará en la eventualidad de que los créditos provenientes de estos proyectos sumen el 6 por ciento del total de derechos en el régimen de comercio.

El sistema de revisión podría limitar el acceso al régimen de nuevos créditos provenientes de los mecanismos de flexibilidad. Con esta medida se pretende garantizar que las metas de reducción de emisiones se alcancen con acciones de mitigación importantes en los países miembros. La propuesta de la directiva excluye los créditos de proyectos forestales. Se espera que el régimen de comercio permita disminuir en 25 por ciento el costo económico de lograr la meta de reducción de emisiones de la Comunidad Europea, que, en promedio, representa un decrecimiento de 8 por ciento respecto del nivel de 1990.

Según Point Carbon<sup>6</sup>, se espera que el mercado de emisiones alcance un tamaño de entre 4,200 y 7,400 millones de euros para el 2007.



El Gobierno de los Países Bajos ha sido pionero en el mercado de carbono usando los mecanismos flexibles del PK. SENTER, la agencia del Ministerio de Asuntos Económicos, lanzó el Carboncredits.nl en el año 2000, en el que hizo ofertas de compra de:

- Unidades de Reducción de Emisiones (Emission Reduction Unit Procurement Tender-ERUPT por sus siglas en inglés), adquiriendo créditos de carbono de proyectos en el marco del IC.
- Certificados de Reducción de Emisiones (Certified Emission Reduction Unit Procurement Tender-CERUPT por sus siglas en inglés), comprando créditos de carbono provenientes de proyectos en el marco del MDL.

El Gobierno de los Países Bajos ha colocado en Carboncredits.nl 1,200 millones de dólares para el ERUPT y CERUPT. Con ello intenta cumplir dos tercios de sus obligaciones de reducciones con el PK a través de los mecanismos flexibles de IC y MDL, lo que es igual a comprar, recurriendo a estos mecanismos, alrededor de 130 millones de tCO<sub>2e</sub>.

En la primera oferta pública de ERUPT se realizaron transacciones por 4.2 millones de tCO<sub>2e</sub> provenientes de cinco proyectos por un valor total de 31 millones de dólares, y la segunda oferta ya fue lanzada. En el caso de CERUPT se aprobaron dieciocho proyectos MDL por 16 millones de tCO<sub>2e</sub> a un precio promedio de 4.7 euros por tonelada.

Holanda no comprará créditos de carbono MDL a través de CERUPT sino por medio de bancos multilaterales y privados, así como de acuerdos bilaterales, como por ejemplo aquellos que tiene con IFC (Internacional Finance Corporation), IBRD (Internacional Bank for Reconstruction and Development), la Corporación Andina de Fomento (CAF), el Banco Mundial y el banco privado holandés Rabobank, y los memorandos de entendimiento que mantiene con Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Panamá y el Uruguay. Con estos mecanismos espera obtener acuerdos de compra por 46 millones de tCO<sub>2e</sub>.

Finalmente, países como España, el Japón y Alemania acaban de lanzar importantes fondos de carbono para adquirir emisiones con el MDL. España ha dado la administración de los fondos. Aproximadamente 200 millones de euros al Banco Mundial. Japón ha constituido el Japan Carbon Finance, con 140 millones de dólares, administrado por el Banco Japonés para la Cooperación Internacional (JBIC) y financiado por corporaciones japonesas. Los alemanes han constituido, a través de la KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau), un fondo de 50 millones de euros.

Australia y Canadá están pensando también en desarrollar esquemas nacionales de comercio que permitan ofrecer incentivos a las compañías para que reduzcan emisiones, con el fin de cumplir con los compromisos de Kyoto.

---

6 Carbon Market News: .05.03.03: The Size of the EU Carbon Market.. Reportajes del servicio de noticias de Point Carbon enviados por correo electrónico el 5.3.03 (<<http://www.pointcarbon.com>>).



En el cuadro 2.1 se muestra la participación de algunos países en los Fondos de Carbono y la cantidad de créditos de carbono (expresada en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, MtCO<sub>2</sub>e) que algunos gobiernos de países industrializados tienen planeado comprar a los países en desarrollo en el marco del MDL. Este cuadro se ha elaborado a partir de un estudio realizado por Point Carbon3 y de contactos directos con los representantes de los países presentados.

**Cuadro 2.1**  
**Financiamiento a Fondos de Carbono por diversos países del Anexo B**

	Millones tCO <sub>2</sub> e por reducir (en los cinco años del primer periodo de compromiso)	Millones tCO <sub>2</sub> e que se planean reducir con el MDL (en los cinco años del primer periodo de compromiso)	Fondos de carbono
<b>ITALIA</b>	391	al menos 60	Fondo de Carbono Italiano, Fondo de Carbono para el Desarrollo Comunitario (CDCF)
<b>CANADA</b>	800	50 (MDL, IC y Comercio de Emisiones)	Provee de fondos al Fondo Prototipo de Carbono (PCF), CDCF y al BioCF.
<b>HOLANDA</b>	200	67	Fondo de Carbono Holandés para el MDL (NCDF), CERUPT, Corporación Internacional de Financiamiento (IFC), Corporación Andina de Fomento (CAF), Rabobank, PCF, CDCF, SENTER
<b>ALEMANIA</b>	330		Fondo de Carbono de la KfW (Euros 50 -100 millones)
<b>FRANCIA</b>	350		
<b>FINLANDIA</b>	185		PCF, Programa Piloto.
<b>DINAMARCA</b>	125	más de 6.25	120 millones de euros a ser invertidos en IC/MDL al 2007; Parte de este dinero se invertirá directamente en proyectos y otra en fondos de carbono.
<b>SUECIA</b>	45		PCF y CDCF
<b>AUSTRIA</b>	84	20-30 (IC y MDL )	Programa Austriaco en IC/MDL, Oferta pública en proceso, CDCF
<b>REINO UNIDO</b>	25		
<b>JAPON</b>	1,595	al menos 95 entre IC y MDL	Japan Carbon Finance (JBIC) – US\$ 100 millones Banco Japonés de Desarrollo (DBJ) - US\$ 23.5 millones
<b>Total comprometido MDL</b>			<b>308 MtCO<sub>2</sub>e</b>
<b>Total comprometido MDL Anual</b>			<b>60 MtCO<sub>2</sub>e</b>
<b>Monto anual a US\$ 3.5 tCO<sub>2</sub>e</b>			<b>US\$ 210 millones</b>

### 2.1.2 Entidades internacionales

Las entidades internacionales que han incursionado en el mercado de carbono tienen el encargo de comprar reducciones de emisiones para los países que aportan los fondos que administran. La institución pionera en el mercado de carbono de Kyoto es la iniciativa del Banco Mundial, el Fondo Prototipo de Carbono (Prototype Carbon Fund-PCF por sus siglas en inglés), lanzado en el año 2000 con el fin de catalizar el mercado de emisiones reducidas basado en proyectos bajo los mecanismos de IC y MDL del PK.



### 2.1.2.1 Financiamiento de carbono del Banco Mundial (World Bank Carbon Finance)

El PCF administra 180 millones de dólares, que ya están comprometidos en su cartera de proyectos. Nuevos fondos administrados por el Banco Mundial intentan consolidar el mercado de carbono: el Fondo de Carbono para el Desarrollo Comunitario (CDCF por sus siglas en inglés) busca impulsar el mercado de proyectos de pequeña escala; el Fondo Holandés para el MDL (NCDF por sus siglas en inglés), financiado por el Gobierno de ese país, adquiere solo reducciones de emisiones provenientes de proyectos MDL; el Fondo de Carbono Italiano adquiere reducciones de emisiones provenientes de proyectos MDL e IC; el Fondo Español funciona de forma similar al italiano; y el Fondo BioCarbon busca demostrar la factibilidad en el mercado MDL de los proyectos forestales y de uso y cambio de suelo.

Gobiernos y grandes corporaciones han apostado por los Fondos de Carbono del Banco Mundial, básicamente por el prestigio de esta entidad y por la mayor probabilidad de que las reducciones de emisiones generadas por su cartera de proyectos sean aceptadas en el marco del PK y, por tanto, puedan ser acreditadas en los compromisos de reducción de emisiones establecidos por el Protocolo.

En conjunto, estos fondos capitalizan cerca de 600 millones de dólares, lo que convierte al Banco Mundial en el principal comprador del mundo (véase el cuadro 2.2, que resume los Fondos de Carbono administrados por el Banco Mundial).

**Cuadro 2.2**  
**Financiamiento de carbono del Banco Mundial (World Bank Carbon Finance)**

Nombre	Inicio de operación	Sectores	Contribuyentes	Asignación	Mayor información
Fondo Prototipo de Carbono (PCF)	Abril del 2000	Energías renovables (eólica, pequeñas hidroeléctricas, biomasa)	6 gobiernos, 17 empresas (incluye compañías de generación de energía y combustibles de Japón y Europa)	US\$ 180 millones	<a href="http://www.prototypecarbonfund.org">www.prototypecarbonfund.org</a>
Fondo Holandés para el MDL (NCDF)	Mayo del 2002	Energías renovables, transporte, industria (no se incluye al sector forestal)	Gobierno de Holanda	US\$ 33 millones	<a href="http://www.carbonfinance.org">www.carbonfinance.org</a>
Fondo de Carbono para el Desarrollo Comunitario (CDCF)	Julio del 2003	Minihidroeléctricas, uso de residuos sólidos urbanos y agrícolas, eficiencia energética, transporte, bosques	Gobiernos de Canadá e Italia y compañías japonesas, holandesas, alemanas y españolas	US\$ 40 hasta 100 millones	<a href="http://www.communitycarbonfund.org">www.communitycarbonfund.org</a>
Fondo BioCarbon	Octubre del 2003	Agricultura, silvicultura, sumideros de carbono		US\$ 100 millones como meta	<a href="http://www.biocarbonfund.org">www.biocarbonfund.org</a>
Fondo Italiano de Carbono	Reciente creación	Todos los sectores y tecnologías	Gobierno italiano	US\$ 15 hasta US\$ 80 millones	<a href="http://www.carbonfinance.org">www.carbonfinance.org</a>
Fondo Español de Carbono	Reciente creación	Todos los sectores y tecnologías menos proyectos forestales	Gobierno español Financiamiento a Fondos de Carbono por diversos países del Anexo	200 millones de euros	<a href="http://www.carbonfinance.org">www.carbonfinance.org</a>



## **2.1.2.2 Otros Fondos de Carbono destinados a la compra de CER**

### 2.1.2.2.1 Programa Latinoamericano de Carbono (PLAC)

La CAF, con el apoyo del Centro para el Desarrollo Sostenible en las Américas (CSDA), estableció en mayo de 1999 el Programa Latinoamericano del Carbono (PLAC). La CAF suscribió un acuerdo con el Gobierno Holandés para establecer el .CAF-Netherlands CDM Facility., con el fin de adquirir reducciones de emisiones de GEI. Este acuerdo facilitará la transacción de hasta 10 millones de toneladas de reducciones de GEI en los próximos tres años.

### 2.1.2.2.2 Fondo Holandés de la Corporación Internacional Financiera (INcaF)

Este fondo forma parte de un acuerdo por el cual la Corporación Internacional Financiera (IFC por sus siglas en inglés) compra reducciones de GEI a favor del Gobierno de los Países Bajos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Los fondos destinados por el Gobierno Holandés son de 44 millones de euros para los próximos tres años.

### 2.1.2.2.3 Fondo de Carbono de la KfW

Aunque el Gobierno Alemán considera que puede cumplir sus compromisos de reducción de emisiones internamente, las compañías de ese país están interesadas en adquirir CER; por lo tanto, se ha desarrollado un Fondo de Carbono administrado por el banco estatal KfW de Alemania, que inició sus operaciones en el segundo semestre del 2004 y administrar hasta 100 millones de euros.

### 2.1.2.2.4 CERUPT

El Gobierno de los Países Bajos es pionero, junto con el PCF, en la implementación del MDL. En el 2001 se estableció un programa de subasta (CERUPT) administrado por la agencia gubernamental SENTER, con el objetivo de adquirir directamente reducciones de emisiones de proyectos. Este proceso culminó a fines del 2002 con dieciocho contratos por 16.5 millones tCO<sub>2</sub> y un monto de alrededor de 89 millones de dólares.

### 2.1.2.2.5. Fondo de Carbono Japonés

El Gobierno del Japón, a través del Banco Japonés para la Cooperación Internacional (JBIC), que ha realizado contribuciones al PCF y al Banco de Desarrollo de Japón (DBJ), establecerán un Fondo de Carbono por un monto cercano a los 10 billones de yenes (aproximadamente 140 millones de dólares). Los dos bancos contribuirán con 2 billones de yenes (aproximadamente 19 millones de dólares), mientras que el resto será proporcionado por compañías privadas japonesas, como es el caso de las generadoras y distribuidoras de energía, así como por compañías petroleras.



**Cuadro 2.3**  
**Otros fondos internacionales de carbono**

Nombre	Inicio de operación	Sectores	Contribuyentes	Asignación	Mayor Información
Programa Latinoamericano de Carbono (PLAC)	Abril del 2000	Energías renovables, transporte, industria y captura de carbono	La CAF suscribió un acuerdo con el Gobierno de Holanda para establecer el "CAF-Netherlands CDM Facility"	10 millones de tCO <sub>2e</sub>	<a href="http://www.caf.com">www.caf.com</a>
Fondo Holandés de la Corporación Internacional Financiera (INCaF)	Se estableció en Mayo del 1999	Eficiencia energética, energías renovables, captura de metano y cambio de combustible	Gobierno Holandés	US\$ 47 millones	<a href="http://www.ifc.org">www.ifc.org</a>
CERUPT	Inició en el año 2001, culminó en el año 2002	Todos los sectores	Gobierno Holandés, administrado por la agencia gubernamental SENTER	Alrededor de US\$ 89 millones	<a href="http://www.carboncredits.nl">www.carboncredits.nl</a>
Fondo de Carbono de la KfW	Inició en el segundo semestre del 2004	Energía renovable. Eficiencia energética	Gobierno Federal Alemán, empresas alemanas y europeas	50 - 100 millones de euros	<a href="http://www.kfw.de">www.kfw.de</a>
Fondo de Carbono Japonés	Creado en diciembre 2004	Todos los sectores	Banco de Desarrollo de Japón (DBJ), Banco para la Cooperación Internacional (JBIC), empresas privadas	(US\$ 140 millones)	<a href="http://www.jbic.go.jp/english">www.jbic.go.jp/english</a> <a href="http://www.dbj.go.jp/english">www.dbj.go.jp/english</a>
Fondo de Carbono Europeo	En creación	Todos los sectores	Convocatoria abierta (primer aportante: CDX Ixis, empresa francesa)	100 millones (por ahora tiene 35 millones)	<a href="http://www.odcixis.com">www.odcixis.com</a>

#### 2.1.2.2.6 The European Carbon Fund

Este nuevo fondo, promovido por CDX Ixis, una empresa financiera francesa triple A, tiene como propósito adquirir CER y ERU de proyectos MDL y de IC respectivamente. Por el momento están incorporando a socios de toda la comunidad europea y tienen como meta llegar a los 100 millones de euros a fines del 2004. El fondo opera en forma similar a como lo hacen los del Banco Mundial, lo que implica que asumen riesgo de mercado, realizan contratos de compra tipo forward y es posible adelantar un porcentaje de los pagos. Se espera que el 60 por ciento de los créditos sean de MDL.

#### 2.1.3 Brokers

Otros desarrolladores de mercado incluyen Brokers Traders, entidades financieras, consultores e instituciones auditoras, que están creciendo en número y tamaño. Firmas de corretaje como NatSource, CO<sub>2</sub>e. Y MGM International están cumpliendo un papel importante en el desarrollo del mercado, como lo están haciendo también algunas firmas consultoras especialistas en los mecanismos flexibles o de mercado de Kyoto, como EcoSecurities.



## 2.2 Mercados independientes al protocolo de Kyoto

### 2.2.1 Mercados voluntarios

#### 2.2.1.1 Corporaciones<sup>7</sup>

Muchas corporaciones de gran tamaño han establecido metas de reducción de GEI voluntariamente. Compañías como ABB, Dupont, Entergy, IBM, Shell, Ontario Power Generation, Toyota de los Estados Unidos, Marubeni, United Technologies Corp., TransAlta, entre otras, se han comprometido de manera voluntaria a alcanzar metas de reducción y dan la bienvenida al mercado de carbono para cumplir con estos compromisos. Compañías multinacionales, como Shell y BP, han implementado esquemas de comercio internos para incorporar el costo de las emisiones de carbono en sus operaciones. La mayor parte de estas compañías están tomando decisiones con base en estrategias de inversión a futuro, ante las expectativas de cambio en la regulación ambiental y la convicción de que el desarrollo sostenible y la responsabilidad social de la compañía en temas ambientales fortalecen el negocio. En muchos casos, estas compañías invierten en reducciones de carbono de proyectos en países en desarrollo o en economías en transición donde el costo de mitigación es menor. Aunque estas inversiones no solo están dirigidas a reducir GEI y se mantienen relativamente pequeñas, están creando un mercado por créditos de carbono.

Un estudio realizado por Eco Securities indica que cerca de cien de las más grandes compañías que emitieron más de 1,000 millones de tCO<sub>2</sub>e en 1999 se han comprometido a reducir sus emisiones de GEI para el 2010. El resultado de la demanda depende de la línea de base. Si ella está constituida por las emisiones de 1999, se podría obtener una demanda total de alrededor de 500 millones de tCO<sub>2</sub>e durante la próxima década. Cerca de un tercio de estas corporaciones ha afirmado que quisieran usar mecanismos basados en proyectos como el MDL y la IC.

Según el Banco Mundial, también se está desarrollando un mercado al por menor que, aunque todavía pequeño, está en crecimiento. Son iniciativas voluntarias de corporaciones, individuos, productos particulares o servicios, eventos de carbón-neutral, etcétera. El mercado es al contado o futuro (forwards). Las ONG cumplen aquí, con frecuencia, el papel de verificadoras encargadas de dar la aprobación a proyectos que satisfagan los criterios ambientales y sociales. Las compañías estadounidenses son compradoras claves, y los proveedores, principalmente países en desarrollo. Los precios son altos: entre 5 y 10 dólares la tCO<sub>2</sub>e. Se está pagando por pequeños volúmenes de créditos de carbono (por lo general pequeños proyectos producen menos de 10,000 toneladas) para proyectos de desarrollo sostenible. El volumen en este mercado se estima en el rango de 150,000 tCO<sub>2</sub>e/año y está creciendo rápidamente.

---

7.- Pronote, Gao: "The Kyoto Protocol and the Emerging Carbon Market". UNCTAD/Earth Council Carbon Market Programme. Govinda Corporation, febrero del 2002.



### 2.2.1.1 Iniciativas federales y estatales de los Estados Unidos

El Gobierno Federal de los Estados Unidos, a través de la administración de George W. Bush, ha presentado una alternativa al PK para reducir emisiones. A diferencia de los límites absolutos establecidos por este, Estados Unidos propone estabilizar las emisiones de GEI por medio de la reducción de la intensidad de carbono en 18 por ciento para el año 2012, es decir, el ratio entre el total de emisiones y el producto bruto interno. Los esfuerzos serán voluntarios y ya existe una lista de compromisos de organizaciones industriales, como la automotriz, la química, la minera, la petrolera y la industria del acero. Los especialistas indican que con estas medidas Estados Unidos no podrá cumplir con los compromisos de Kyoto. Lo más probable es que durante la administración de Bush no se ratifique el Protocolo.

En ausencia de un compromiso federal para la reducción de emisiones, han surgido diversas iniciativas estatales:

- . Límites obligatorios para instalaciones estatales. Es de destacar, al respecto, el ejemplo de Massachussets, que se convirtió en el primer estado de los Estados Unidos en imponer límites a la emisión de CO<sub>2</sub> en las antiguas plantas térmicas de energía. Las restricciones se impusieron sobre seis plantas del estado. Las plantas tienen que reducir sus emisiones en 10 por ciento en el año 2006 respecto del año base promedio de 1997-1999.

- . Desarrollo de medidas para reducir CO<sub>2</sub> en el transporte (ejemplo: California).

- . Establecimiento de fondos para proyectos de reducciones. Es el caso del Oregon Climate Trust.

El estado de Oregon impuso a las nuevas plantas de generación eléctrica metas de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e. La condición para obtener un permiso de operación es emitir 17 por ciento menos que la planta más eficiente de ciclo combinado de gas natural. Para cumplir con esta ley, promulgada en 1997, las plantas deben reducir emisiones, comprar créditos de carbono o pagar

0.85 centavos de dólar por tCO<sub>2</sub> al Climate Trust Fund. A la fecha todos los desarrolladores de proyecto han pagado al fondo. Con los ingresos obtenidos, el Oregon Trust Fund busca realizar proyectos que reduzcan emisiones. El Fondo ya gastó un millón de dólares en proyectos, uno de los cuales es un proyecto de secuestro de carbono en el Ecuador que venderá 765 mil tCO<sub>2</sub>e reducidas en los siguientes cien años. En una segunda ronda, que comenzó en el 2002, se espera invertir 5.5 millones de dólares en proyectos.

- . Discusión de iniciativas de secuestro de carbono (por realizarse en varios estados).

- . Desarrollo de regulación para comercio de emisiones de CO<sub>2</sub> (ejemplos: Nueva Jersey y otros).

Diversas iniciativas del Congreso estadounidense tienen el potencial como para cambiar el enfoque de las medidas de mitigación de los Estados Unidos, como son las propuestas de ajustes presupuestarios para apoyar la mitigación de GEI, leyes de soporte a Kyoto, leyes sobre secuestro de carbono y de eficiencia energética, etcétera.



### III.- SEGURIDAD ENERGÉTICA

#### III.1.- ¿QUÉ ES LA SEGURIDAD ENERGÉTICA?

*Se define como Seguridad Energética a la capacidad de planificación que tiene un gobierno, nación ó país para asegurar recursos energéticos o fuentes externas de energía confiables y estables en el corto, mediano y largo plazo, tratando de reducir la dependencia de energéticos exteriores diversificando sus fuentes, promover un uso eficiente e inteligente de la energía utilizando en forma masiva fuentes de energía renovables no convencionales para disminuir el impacto ambiental causado por emisiones de gases de efecto invernadero. Además poder tener excedentes en materia de energía que pueda exportar, vender o comercializar a otras naciones, he incluso poder tener un dominio Geopolítico favoritarío.*

Miguel García Reyes en su libro de *Seguridad Energética*<sup>1</sup> del siglo XXI, señala que, a las naciones productoras de petróleo subdesarrolladas, éstas, hoy día, tienen una dependencia de los ingresos que obtienen del exterior, vía exportaciones de crudo; debido a su negligencia o al desconocimiento que tienen las autoridades locales en lo que se refiere a la planeación estratégica que resulta para el desarrollo económico de una nación. La excepción en este grupo de países, todos ellos en vías de industrialización, lo puede ser China, una nación que a pesar de no contar con muchos recursos energéticos, como es el caso del petróleo, hoy puede ser considerada como una potencia industrial. Este gigante económico asiático, no energético, a lo largo de su historia como nación socialista, siempre ha privilegiado la planificación, en este caso en el rubro energético. A diferencia de ella, otros países pobres con su indiferencia hacia la planificación, en algunos casos ha agotado sus recursos petroleros y en otros han adquirido una gran dependencia del exterior en lo referente a tecnologías, y financiamientos para seguir impulsando este sector.

Aquí valdría la pena mencionar el caso de México, que por su falta de planificación en el sector petrolero, en pocos años podría convertirse en importador neto de petróleo, además de que ya lo es de gas natural.

En este sentido, se debe de aceptar el hecho de que otros países que son grandes consumidores de petróleo y gas, y que a diferencia del nuestro, carecen de energéticos, han debido diseñar estrategias petroleras para fortalecer su *Seguridad Energética*. Es el caso de Estados Unidos, que consume diariamente 20 mbpd y cerca de 70, 000 millones de pies cúbicos de gas natural. Cabe la comparación de que este volumen de gas natural que consume cada día Estados Unidos, es la producción diaria de la empresa Rusa GAZPROM.

Esto significa que lo que produce cada 24 hrs GAZPROM, Estados Unidos lo consume en el mismo lapso de tiempo. Para este país entonces, el abastecimiento seguro de hidrocarburos no es algo trivial, sino de vida o muerte, que pone en riesgo su *Seguridad Energética*, por lo tanto los Estadounidenses deben de trabajar de manera cotidiana, incluso organizando guerras y golpes de Estado para poder cubrir sus necesidades energéticas.

---

1.-Miguel García Reyes. *Seguridad Energética en el siglo XXI*, pág. 70 y 71



Ahora, ante los cambios que se están presentando en el sector energético, tanto Estados Unidos como las naciones industrializadas de Europa y Asia, en su intento por seguir fortaleciendo su *Seguridad Energética*, están tomando decisiones muy importantes para asegurar también sus importaciones de gas natural y al mismo tiempo para contar con tecnologías que les permita utilizar la energía que proviene de las fuentes limpias.

En el caso de Estados Unidos, se puede comprobar que sus gobernantes, desde hace varios lustros, por cuestiones de Seguridad Nacional y *Seguridad Energética*, han tomado la decisión de diversificar sus fuentes de energía para poder disminuir su dependencia del petróleo importado; para ello, reiteramos, utilizan la planeación estratégica, la cual les permite desarrollar nuevas tecnologías, para utilizar las fuentes limpias de energía. Por esta razón no nos debe sorprender que en el marco de la estrategia de *Seguridad Energética* del gobierno de Barak Hussein Obama se esté desarrollando en el nuevo proyecto energético llamado “Nueva Frontera Verde”, que ayudará a disminuir a ese país la dependencia que tiene del petróleo y al mismo tiempo a limpiar su entorno ambiental, lo que a la larga le conducirá a un desarrollo sostenible que, además de que es deseado por el resto de los habitantes del planeta, es necesario.

### III.1.2 El concepto de seguridad energética en México. La postura gubernamental y la postura académica.

No es fácil encontrar documentos oficiales que permitan saber con facilidad lo que representa el concepto de seguridad energética para el gobierno mexicano, desde el gobierno actual hasta los gobiernos pasados. De hecho, se considera que el concepto es novedoso en la agenda del gobierno mexicano y su consideración data de unos cuantos años.

El gobierno actual del Presidente Calderón ha presentado durante 2007 una serie de documentos de prospectiva energética donde se pueden recoger algunos conceptos y objetivos, que no definiciones, de lo que representa para el gobierno actual el concepto de seguridad energética.

Por ejemplo, en el documento de Prospectiva del mercado de petróleo crudo 2007-2016, publicado por la SENER (2007) se lee: “México es el sexto productor de crudo a nivel mundial y la relevancia de este recurso en nuestro país, es porque en él se basa la seguridad energética y, con su aportación a la economía nacional, es un importante motor del desarrollo económico”. Sin embargo, en forma un tanto contradictoria, en el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 se establece que “la seguridad energética es para México un objetivo central, debido a que nuestro consumo de energéticos depende, principalmente, del petróleo y del gas natural. Por ello, y con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al alto consumo de combustibles fósiles, es conveniente que la matriz energética incluya una mayor participación de fuentes renovables”. Y más adelante se establece también que “por ello, se debe preservar el dominio directo, inalienable e imprescriptible del Estado Mexicano sobre los recursos petroleros, al tiempo que se incorporan elementos que le permitan maximizar el aprovechamiento de la riqueza petrolera y propiciar el suministro a largo plazo de los energéticos que necesita la economía, de modo sustentable, a precios competitivos y con estándares internacionales de calidad. Lo anterior, debe basarse, principalmente, en establecer los mecanismos que propicien un desempeño eficiente del sector y, principalmente, de Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios”. Finalmente y con el fin de alcanzar la meta de equilibrar el portafolio de fuentes primarias de energía se establece lo siguiente: “una vía para incrementar la seguridad energética consiste en balancear la utilización de fuentes primarias de energía, promoviendo el uso sustentable de los recursos naturales. Para garantizar la estabilidad, calidad y seguridad en el abastecimiento de electricidad se requiere equilibrar el portafolio de generación con distintas tecnologías y fuentes primarias, que incorporen el riesgo por



disponibilidad, dependencia sobre importaciones, volatilidad de precios, así como los costos ambientales asociados”. Es todo lo que se apunta como *seguridad energética nacional* en los documentos oficiales de la SENER, con lo que es posible ver que el concepto está poco discutido en el gobierno mexicano y es pobre en contundencia y en objetivos claros.

En 2005 el entonces director de la Comisión Federal de Electricidad, Ing. Alfredo Elías Ayub, quien sigue al frente del cargo, presentó una definición propia de *seguridad energética* durante una conferencia magistral en el Congreso de la Asociación Mexicana para la Economía Energética en 2005: “empecemos por una definición simple, y supongo, de aceptación general, de seguridad energética. Se trata de la disponibilidad cierta de un suministro de energía suficiente para cubrir las necesidades del país a precios razonables, es decir, a precios que podamos pagar sin grandes trastornos en la economía nacional”.

“En el sector eléctrico, aunque menos urgente, es evidente la necesidad de seguir, mucho más de cerca, los desarrollos tecnológicos que, sin duda, marcarán las opciones futuras en generación”.<sup>2</sup>

“En el tema tecnológico debemos ser conscientes de que la inversión en investigación y desarrollo, que muchas veces postergamos por problemas presupuestales, se termina pagando de todas maneras al adquirir el “know how” y los bienes de capital en los que se incorpora el progreso técnico. Al dejar de invertir en ciencia y tecnología generamos, pues, un falso ahorro, con la consecuencia adicional de que se incrementa nuestra dependencia de proveedores externos lo cual, a su vez, hace más complejo garantizar la seguridad energética”.

Como se observa para el Ing. Elías Ayub *seguridad energética* en la CFE es igual a suministro de energía suficiente y a precios razonables. Indudablemente la introducción del término suficiente y razonable hace muy ambigua esta definición. Además, no se establecen condiciones para este suministro, por ejemplo, en cuanto al origen y naturaleza de los energéticos primarios requeridos para la generación eléctrica y desde luego en el tan sagrado asunto de los “precios razonables”, o que debe quizás entenderse como generar electricidad a los costos más bajos posibles, asunto que solo la CFE establece como condición indiscutible. Si durante muchos años la CFE frenó importantes proyectos con fuentes renovables de energía por considerarlos muy costosos, ahora la CFE no sabe que responder, al hecho de que sus costos de generación son muy elevados por los altos costos del gas natural y de otros energéticos, lo que pone en duda que la generación actual de electricidad se logre con los menores costos posibles.

Si bien es pobre el concepto de *seguridad energética* en la CFE, no es mejor lo que sucede en el sector petrolero, donde en el papel de plano no existe una definición de este concepto. En efecto, en los documentos de prospectiva de petrolíferos, de gas natural, de gas LP, etc., prácticamente es nula la existencia del concepto, lo que deja ver de inmediato o que era incómodo introducirlo como fin estratégico o que no había ideas de cómo manejarlo.

Sin embargo, Adrián Lajus, director de PEMEX durante la presidencia del Dr. Ernesto Zedillo (1994-2000), expone lo siguiente, en relación al concepto de seguridad en el suministro de petróleo: “paradójicamente, si bien México es un exportador importante de petróleo crudo, la preocupación por la seguridad de suministro se ha incorporado a los debates de política pública. El interés a corto plazo se centra en la dependencia de las importaciones de productos petrolíferos y de gas natural, y se refiere tanto a la confiabilidad de los suministros como a los altos precios. Esta preocupación ha aumentado conforme se cobró mayor conciencia de que Estados Unidos se ha vuelto un importador cada vez mayor de los mismos productos que exporta a México y del creciente déficit estructural de gas natural de Norteamérica. Restricciones de la oferta y precios más altos están obligando a PEMEX a adquirir estos combustibles de fuentes más distantes.

2.-Las energías renovables y la Seguridad Energética Nacional. Rubén José Dorantes Rodríguez. 25 de septiembre de 2008 México, D.F

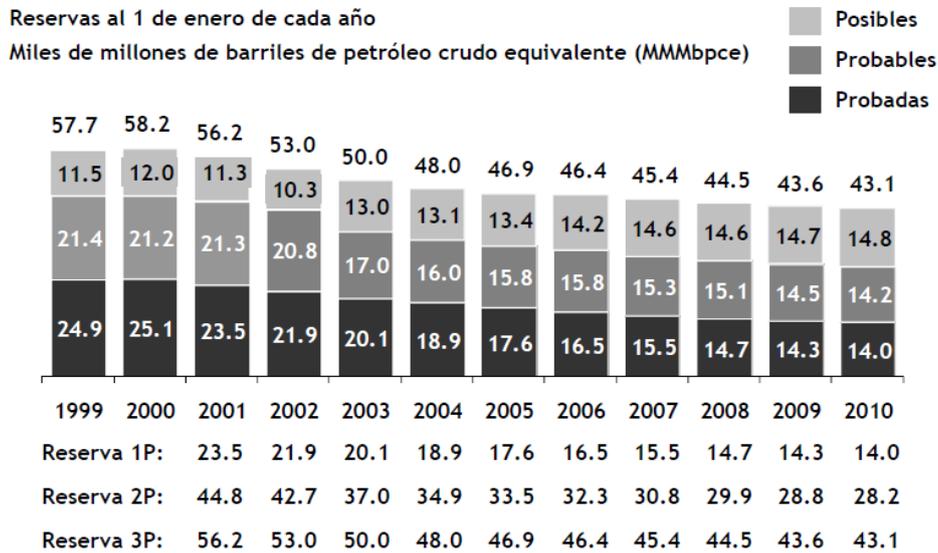


En cuanto al gas natural, el país tendrá que sustituir importaciones terrestres por gasoducto con importaciones de gas natural licuado (GNL) que se originan en África Occidental, Rusia, Australia y Perú. La rígida cadena logística de este mercado global emergente plantea serios retos para los que México está mal preparado. La seguridad de suministro de largo plazo es un tema que ha cobrado importancia en México conforme la relación de reservas a producción ha convergido a diez años. La suficiencia de las reservas probadas para sostener el actual nivel de producción y, más importante, para garantizar necesidades futuras previsibles, es un asunto que ha surgido cuando las exportaciones absorben la mitad de la producción. Recientemente el Congreso asumió poderes para fijar y autorizar el nivel de las exportaciones. En lugar de que los legisladores determinen volúmenes específicos, sería preferible que desarrollen criterios y reglas de decisión para este fin. Regular la distribución inter-temporal de la producción a partir de un acervo de reservas declinante no es tarea fácil. Igualmente difícil es proteger la determinación de metas volumétricas de producción y exportación de los imperativos y de las pasiones políticas de corto plazo. Someter la exportación a una prueba de suficiencia de reservas, que garantizara la satisfacción de necesidades futuras por un tiempo razonable, sería un fuerte estímulo a la exploración. Si este poderoso incentivo no logra aumentar las reservas, sería necesario restringir el nivel de las exportaciones. Para México, como para sus principales socios comerciales, la *seguridad energética* se ha convertido en una cuestión de estrategia nacional”.

### **III.1.3 Elementos claves de la seguridad energética nacional. Indicadores de los recursos energéticos, producción y las reservas de energéticos.**

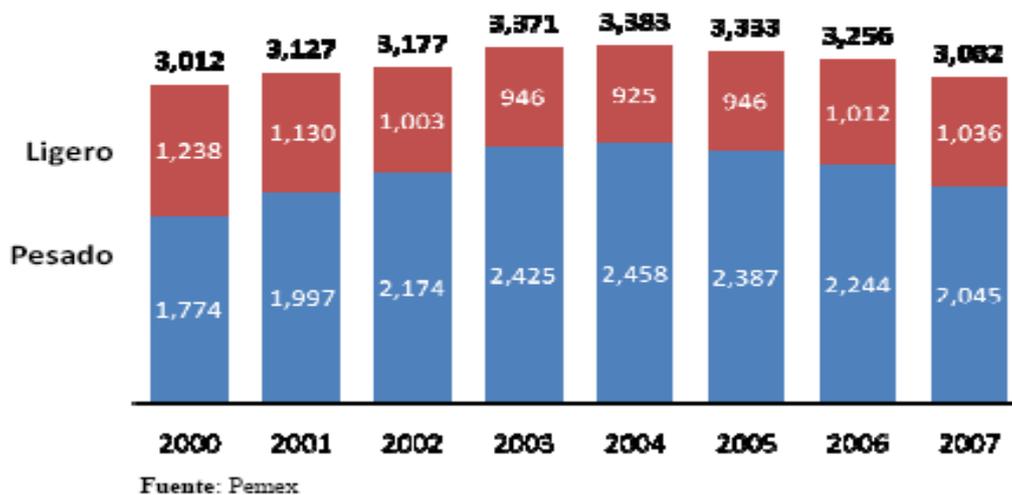
Durante el segundo año de este gobierno federal, la SENER dio a conocer un diagnóstico acerca de la situación energética y financiera de PEMEX con el fin de justificar la presentación de la llamada Reforma Energética ante el congreso mexicano. De este documento se establece la drástica caída de las reservas posibles de hidrocarburos prácticamente desde 1983 (figura 2), que aunado al pico máximo de producción petrolera alcanzado en 2004 con 3.383 millones de barriles de petróleo crudo (figura 3), indican que la declinación petrolera nos ha alcanzado, que la era del petróleo barato ya llegó y que de ahora en adelante, lo mejor que podemos hacer para garantizar una relativa seguridad energética con el petróleo que nos queda es mantener la producción petrolera en niveles más modestos, por ejemplo en 2.5 millones de barriles al día, utilizar más inteligentemente a nuestro favor este recurso natural y preparar una estrategia que nos permita ir viendo las mejores posibilidades de ir sustituyendo al petróleo crudo por otros recursos energéticos propios y que sean de larga duración y de preferencia renovables y más limpios.

## Evolución de las reservas



GRAFICA 1. Estado de las reservas de hidrocarburos de acuerdo con PEMEX hasta 2010. Fuente SENER.

## PRODUCCIÓN DE CRUDO (Miles de barriles diarios)



GRAFICA 2. Producción de crudos desde 2000 hasta 2007. Fuente SENER.



## PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS

### MILES DE BARRILES DIARIOS.

POR TIPO	ENERO-10	% MES	%ANUAL	ENERO-10
PESADO	1473	.5	-10.1	1,638
LIGERO	831	.5	2.0	815
SUPER-LIGERO	311	3.3	34.6	231
<b>POR REGION</b>				
MARINA	2,002	1.0	-5.6	2,120
NORTE	520	0.4	9.5	475
SUR	94	3.3	4.4	90
<b>TOTAL</b>	<b>2616</b>	<b>.8</b>	<b>-2.6</b>	<b>2,685</b>

ELABORADA POR LEONARDO JIMENEZ V. TOMADA DE LA REVISTA ENERGÍA HOY, ABRIL 2010.

## PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL.

### MILLONES DE PIES CÚBICOS DIARIOS.

POR TIPO	ENERO-10	% MES	%ANUAL	ENERO-10
ASOCIADO	4,352	1.6	-4.3	4,548
NO ASOCIADO	2,629	1.6	3.4	2,543
<b>POR REGION</b>				
MARINA	2,667	1.8	-12.1	3,033
SUR	1,688	.8	9.8	1,538
NORTE	2,626	1.9	4.2	2,521
<b>TOTAL</b>	<b>6,981</b>	<b>1.6</b>	<b>-1.6</b>	<b>7,092</b>

ELABORADA POR LEONARDO JIMENEZ V. TOMADA DE LA REVISTA ENERGÍA HOY, ABRIL 2010.

## GENERACIÓN NETA DE ENERGÍA ELECTRICA EN MÉXICO.

### MILES DE MILLONES DE WATS/HORA

POR TIPO	ENERO-10	% MES	%ANUAL	ENERO-10
HIDROELÉCTRICA	1,334	-2.8	-34.3	2,030
EOLIELÉCTRICA	17	-39.3	-39.3	28
VAPOR	2,766	0.3	11.00	2,493
GEOTERMIA	559	1.1	3.9	538
CARBOELÉCTRICA	1,465	7.3	2.7	1,426
<b>TOTAL</b>	<b>11,570</b>	<b>0.8</b>	<b>5.7</b>	<b>10,946</b>

TOMADA DE LA REVISTA ENERGÍA HOY, ABRIL 2010



### RESERVAS EN PAISES DE LA OCDE.

<b>MILLEONES DE BARRILES, ENERO DEL 2010</b>			
<b>NORTEAMERICA</b>	JUN-09	SEP-09	% DEL TOTAL
E.U	1,841	1,846.5	41.8
CANADÁ	1,97.8	196	4.1
MÉXICO	48.1	50	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,108.9</b>	<b>2,114.8</b>	<b>47.4</b>
<b>EUROPA</b>			
ALEMANIA	280.2	276.7	6.8
FRANCIA	172.9	174	4.6
ITALIA	129.1	129.0	3
ESPAÑA	135.6	135.0	3.1
REINO UNIDO	91.7	94.2	2.4
OTROS	593.5	591.4	12.7
<b>TOTAL</b>	<b>1,403</b>	<b>1,400.3</b>	<b>32.6</b>
<b>PASIFICO</b>			
JAPÓN	611.2	607.3	15.1
COREA	149.1	167.0	3.7
AUSTRALIA	40.5	44.9	.9
NUEVA ZELANDA	8.5	7.5	20
<b>TOTAL</b>	<b>809.3</b>	<b>826.8</b>	<b>20</b>
<b>TOTAL OCDE</b>	<b>4,321.2</b>	<b>4,342</b>	<b>100</b>

TOMADA DE LA REVISTA ENERGÍA HOY, ABRIL 2010

### Indicadores de Pemex hasta el año 2010.

Recordemos que la renta petrolera es igual a la diferencia entre el valor de la producción y su costo. El valor de los hidrocarburos resulta de multiplicar el volumen extraído por su precio en el mercado. El costo de producción incluye los gastos operativos y de capital. Se trata de un costo eficiente; es decir, aquel estrictamente necesario para encontrar, extraer y comercializar los productos e incluyen una ganancia promedio industrial. Se trata de un costo eficiente; es decir, aquel estrictamente necesario para encontrar, extraer y comercializar los productos e incluyen una ganancia promedio industrial.

A continuación se presentan indicadores actuales de las reservas petroleras ha este año, así coma la producción de hidrocarburos y sus derivados. Se muestra la variación de las reservas de hidrocarburos durante 2007, desde una perspectiva global, se explica la distribución por región, la clasificación por categoría y la composición por tipo de fluido; presenta la evolución histórica durante los últimos 4 años. Se detalla la clasificación de las reservas de acuerdo a la calidad del aceite y origen del gas; es decir, si es asociado o no asociado; este último se desglosa por tipo de yacimiento: gas seco, gas húmedo, o gas y condensado. Se mencionan también algunos indicadores de la posición de nuestro país en el ámbito petrolero internacional en lo referente a la categoría de reservas probadas, tanto para gas seco como para líquidos totales que incluyen el aceite crudo, los condensados y los líquidos de planta.

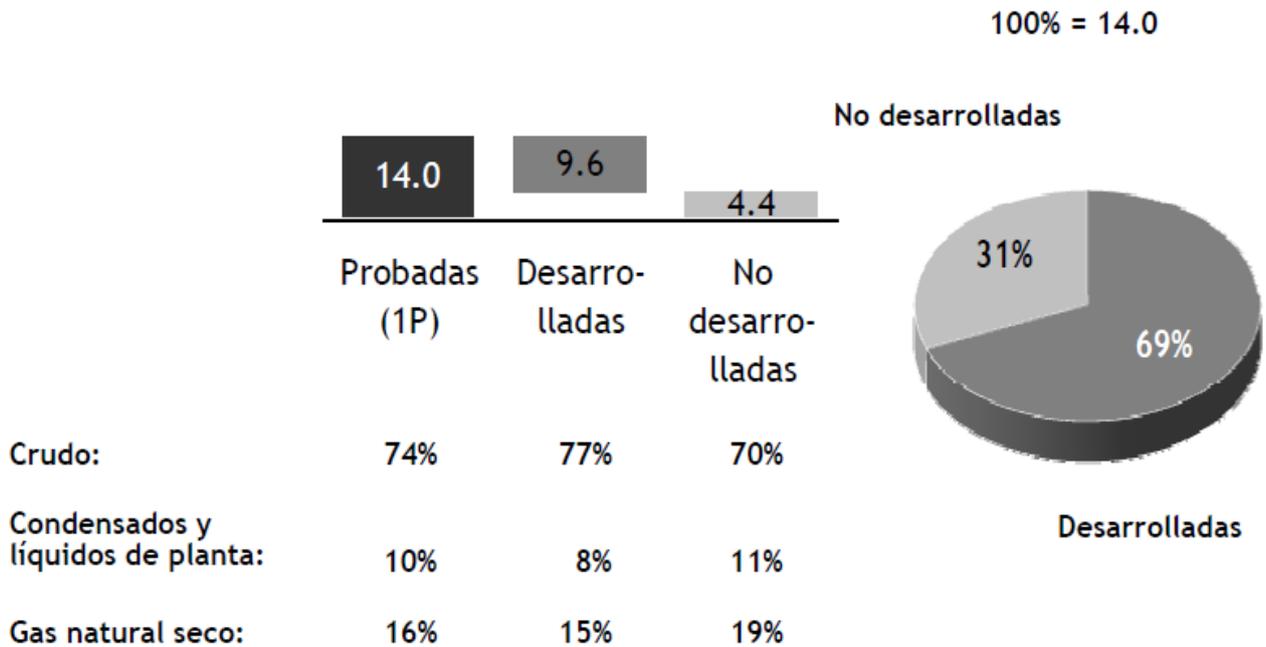


**Reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2010\***

Las reservas probadas ascienden a 14.0 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de las cuales el 74% corresponde a crudo; 10% a condensados y líquidos de planta; y el restante 16% a gas seco equivalente a líquido. A continuación se presentan las graficas utilizadas de la página pública de PEMEX para representar las reservas probadas al 1 de enero del 2010.

**Reservas probadas al 1 de enero de 2010**

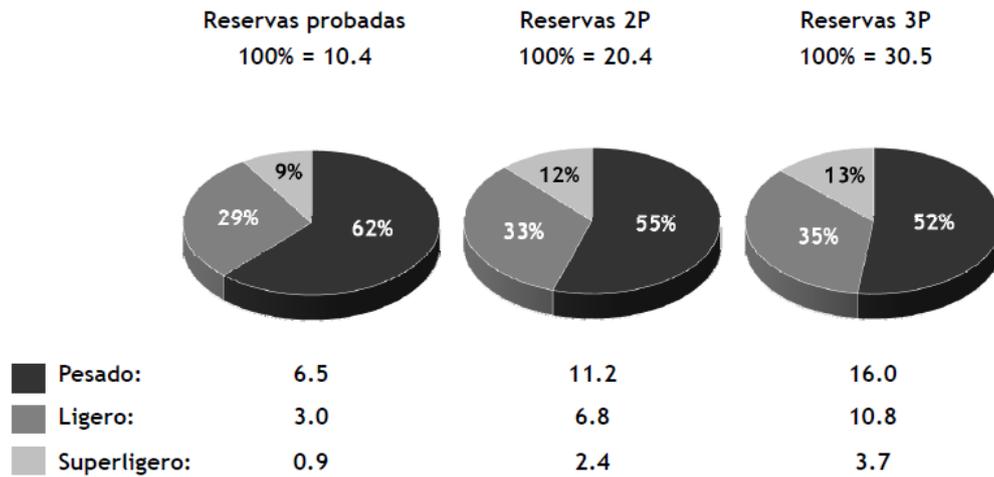
Miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMMBpce)



\* [www.pemex.com.mx/](http://www.pemex.com.mx/) INFORMACIÓN ANUAL DE RESERVAS

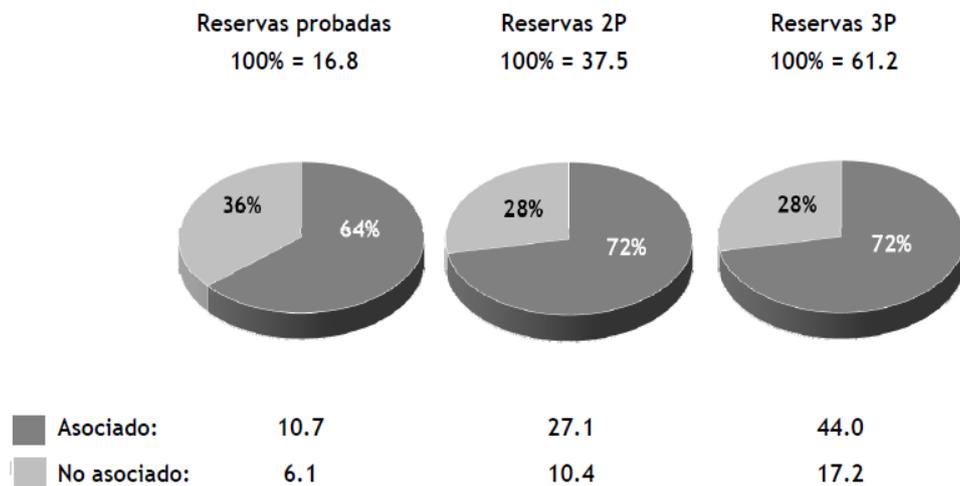
## Composición de las reservas de crudo

Reservas de crudo al 1 de enero de 2010  
Miles de millones de barriles (MMMb)

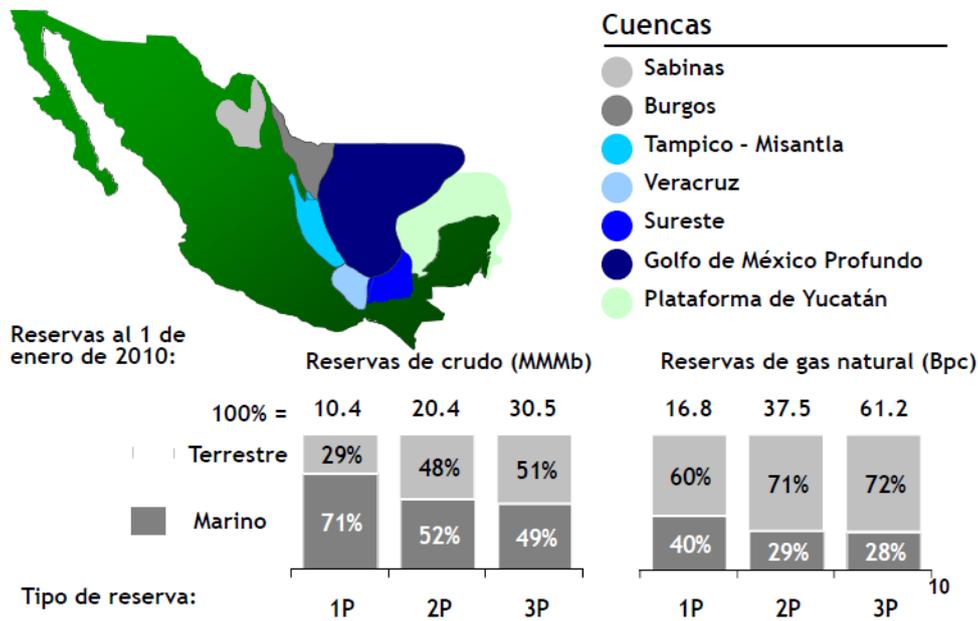


## Composición de las reservas de gas natural

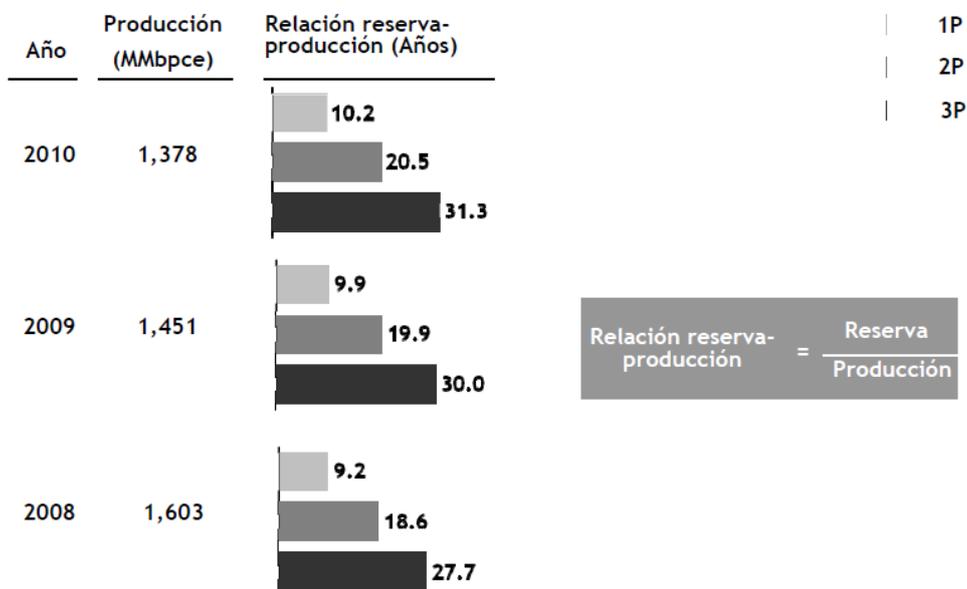
Reservas de gas natural al 1 de enero de 2010  
Billones de pies cúbicos (Bpc)



## Distribución geográfica de las reservas



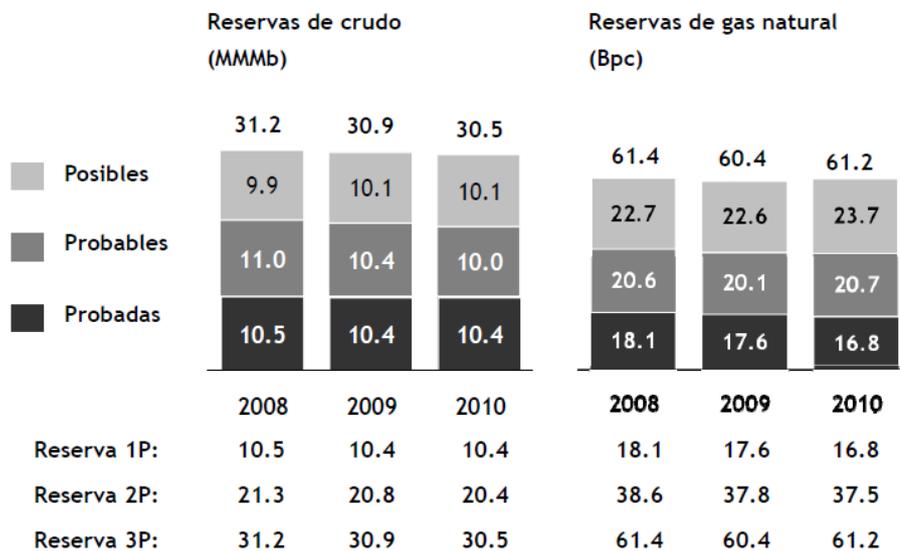
## Relación reserva-producción\*





## Evolución de las reservas de crudo y gas natural 2008-2010

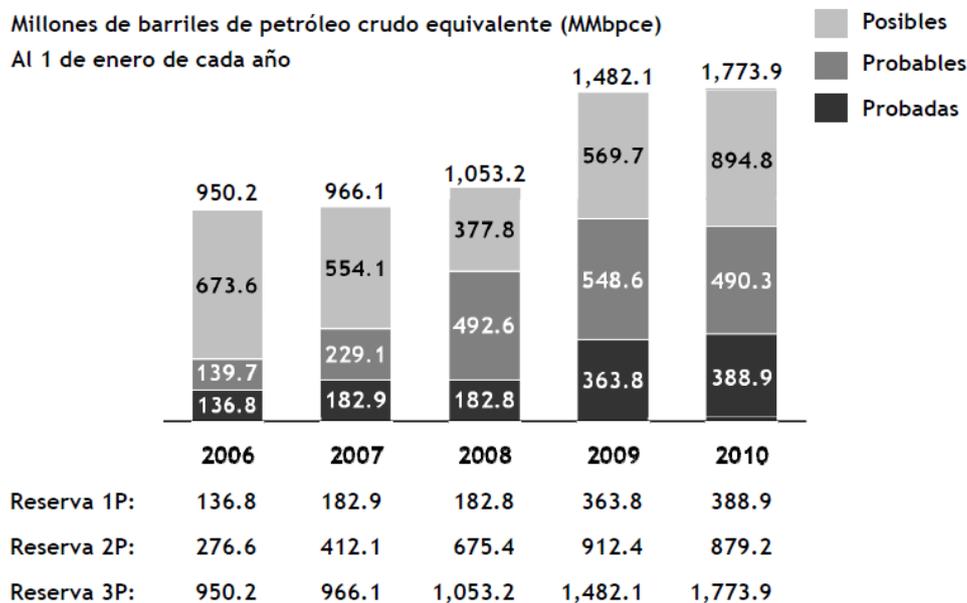
Reservas al 1 de enero de cada año



## Evolución de los descubrimientos 2006-2010

Millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce)

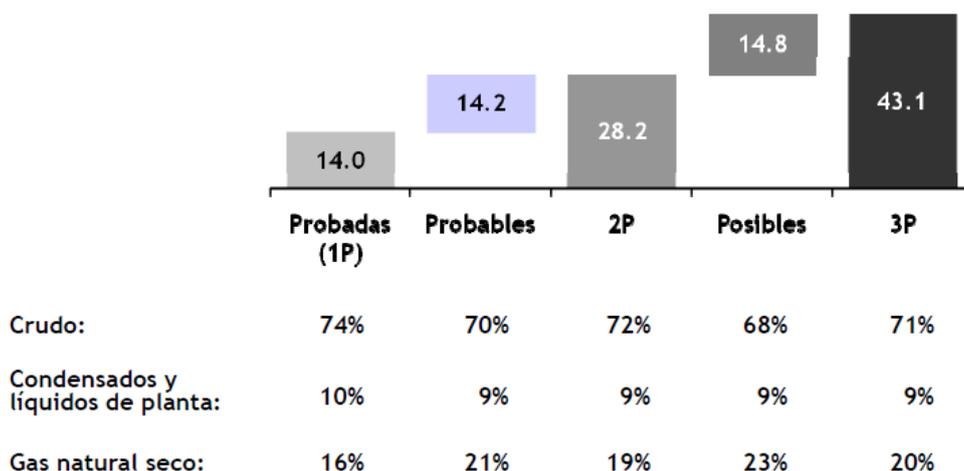
Al 1 de enero de cada año





## Reservas 3P al 1 de enero de 2010

Miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMMbpce)



Cuadro 4.5 Reservas probadas de crudo y gas seco de los principales países productores.

Posición	País	Crudo* mmb	Posición	País	Gas seco mmmpc
1	Arabia Saudita	264,251	1	Rusia	1,680,000
2	Canadá	178,592	2	Irán	948,200
3	Irán	138,400	3	Qatar	905,300
4	Irak	115,000	4	Arabia Saudita	252,607
5	Kuwait	101,500	5	Emiratos Arabes Unidos	214,400
6	Emiratos Arabes Unidos	97,800	6	Estados Unidos de América	211,085
7	Venezuela	87,035	7	Nigeria	183,990
8	Rusia	60,000	8	Venezuela	166,260
9	Libia	41,464	9	Argelia	159,000
10	Nigeria	36,220	10	Irak	111,940
11	Kazajstán	30,000	11	Kazajstán	100,000
12	Estados Unidos de América	20,972	12	Turkmenistán	100,000
13	China	16,000	13	Indonesia	93,900
14	Qatar	15,207	14	Malasia	83,000
15	Argelia	12,200	15	China	80,000
<b>16</b>	<b>México</b>	<b>12,187</b>	<b>35</b>	<b>México</b>	<b>13,162</b>

Fuente: México, Pemex Exploración y Producción. Otros países, Oil & Gas Journal, December 24, 2007

a. Incluye condensados y líquidos del gas natural



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

**Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias**  
**Reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2010**

	Volumen original		Reserva remanente de hidrocarburos					Reserva remanente de gas	
	Crudo	Gas natural	Petróleo crudo equivalente	Crudo	Condensado	Líquidos de planta *	Gas seco equivalente**	Gas natural	Gas seco
	MMb	MMMpc	MMbpce	MMb	MMb	MMb	MMbpce	MMMpc	MMMpc
Totales (3P)	304,458	280,688	43,075	30,497	417	3,563	8,597	61,236	44,712
Probadas	163,443	191,803	13,992	10,420	257	1,015	2,301	16,815	11,966
Probables	78,477	41,149	14,237	10,021	71	1,211	2,934	20,694	15,261
2P	241,920	232,952	28,229	20,440	327	2,226	5,235	37,509	27,227
Posibles	62,538	47,736	14,846	10,057	90	1,337	3,362	23,727	17,485

\* Líquidos del gas obtenidos en plantas de proceso.

\*\* El líquido obtenido supone un poder calorífico equivalente al crudo Maya y una mezcla promedio de gas seco obtenida en Cactus, Cd. Pemex y Nuevo Pemex.

Nota: Todas las unidades están expresadas a condiciones atmosféricas, y suponen 15.6 °C y 14.7 libras de presión por pulgada cuadrada.

**Cuadro A3**

**Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias**  
**Producción de hidrocarburos por activo**

	2007		2008		2009		Acumulada al 1 de enero de 2010	
	Crudo	Gas natural	Crudo	Gas natural	Crudo	Gas natural	Crudo	Gas natural
	MMb	MMMpc	MMb	MMMpc	MMb	MMMpc	MMb	MMMpc
<b>Marina Noreste</b>	<b>1,124.8</b>	<b>2,211.3</b>	<b>1,021.7</b>	<b>2,532.2</b>	<b>949.5</b>	<b>2,566.2</b>	<b>37,846.9</b>	<b>64,223.0</b>
Cantarell	546.2	344.9	380.5	596.0	250.0	531.2	13,509.6	6,477.8
Ku-Maloob-Zaap	192.4	77.5	258.4	99.8	294.9	119.4	2,954.3	1,456.0
<b>Marina Suroeste</b>	<b>184.6</b>	<b>362.3</b>	<b>183.1</b>	<b>374.4</b>	<b>188.9</b>	<b>405.7</b>	<b>5,842.0</b>	<b>7,105.5</b>
Abkatún-Pol-Chuc	114.0	198.6	112.8	208.3	111.5	211.8	5,329.2	5,933.0
Holok-Temoa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Litoral de Tabasco	70.7	163.6	70.3	166.1	77.5	193.9	512.7	1,172.5
<b>Norte</b>	<b>31.7</b>	<b>932.9</b>	<b>31.9</b>	<b>931.1</b>	<b>34.1</b>	<b>926.0</b>	<b>5,702.7</b>	<b>21,390.5</b>
Aceite Terciario del Golfo	8.0	9.3	10.7	18.9	10.8	28.7	170.9	298.2
Burgos	0.0	515.3	0.0	506.1	0.0	553.1	33.3	11,006.8
Poza Rica-Altamira	23.1	71.9	20.5	55.9	21.6	48.7	5,421.0	7,441.0
Veracruz	0.7	336.4	0.8	350.1	1.7	295.5	77.5	2,644.5
<b>Sur</b>	<b>169.8</b>	<b>493.8</b>	<b>167.9</b>	<b>530.9</b>	<b>181.7</b>	<b>583.9</b>	<b>9,838.4</b>	<b>27,793.2</b>
Bellota-Jujo	69.4	87.5	64.0	91.7	62.8	95.2	2,983.7	4,534.8
Cinco Presidentes	16.3	22.4	17.3	24.7	20.6	25.2	1,758.1	2,143.2
Macuspana	3.8	81.4	5.8	95.3	9.9	114.0	38.7	5,765.2
Muspac	12.3	113.5	13.2	109.6	15.3	101.7	1,701.5	9,369.5
Samaría-Luna	68.1	188.9	67.6	209.5	73.0	247.7	3,356.5	5,980.5

Nota: Todas las unidades están expresadas a condiciones atmosféricas, y suponen 15.6 °C y 14.7 libras de presión por pulgada cuadrada.



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

**Cuadro A4**

Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias  
Reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2010

	Volumen original		Reserva remanente de hidrocarburos					Reserva remanente de gas	
	Crudo	Gas natural	Petróleo crudo equivalente	Crudo	Condensado	Líquidos de planta *	Gas seco equivalente**	Gas natural	Gas seco
	MMb	MMMpc	MMbpce	MMb	MMb	MMb	MMbpce	MMMpc	MMMpc
<b>Totales (3P)</b>	<b>304,457.9</b>	<b>280,688.3</b>	<b>43,074.7</b>	<b>30,497.3</b>	<b>417.3</b>	<b>3,563.1</b>	<b>8,597.0</b>	<b>61,236.0</b>	<b>44,712.2</b>
Marina Noreste	69,808.2	26,713.9	12,097.2	11,123.6	248.1	243.1	482.5	4,539.6	2,509.3
Marina Suroeste	26,491.7	38,600.6	6,010.8	3,551.4	71.1	673.2	1,715.1	12,226.9	8,920.0
Norte	166,660.5	138,079.1	19,142.4	12,083.1	22.9	1,883.4	5,153.0	35,323.6	26,800.2
Sur	41,497.6	77,294.7	5,824.3	3,739.1	75.1	763.5	1,246.4	9,145.9	6,482.6
<b>Probadas</b>	<b>163,443.5</b>	<b>191,803.2</b>	<b>13,992.1</b>	<b>10,419.6</b>	<b>256.5</b>	<b>1,015.2</b>	<b>2,300.8</b>	<b>16,814.6</b>	<b>11,966.1</b>
Marina Noreste	58,496.2	24,488.2	6,711.8	6,091.0	155.6	157.4	307.9	2,872.7	1,601.5
Marina Suroeste	17,683.9	22,168.6	1,891.8	1,169.8	29.8	225.9	466.4	3,593.7	2,425.6
Norte	49,717.5	73,743.0	1,352.3	613.6	9.7	83.5	645.5	3,866.8	3,357.0
Sur	37,545.9	71,403.4	4,036.1	2,545.3	61.4	548.4	881.0	6,481.3	4,582.0
<b>Probables</b>	<b>78,476.8</b>	<b>41,149.2</b>	<b>14,236.6</b>	<b>10,020.5</b>	<b>70.9</b>	<b>1,210.9</b>	<b>2,934.3</b>	<b>20,694.3</b>	<b>15,261.0</b>
Marina Noreste	5,580.0	1,027.1	2,479.5	2,313.6	40.9	42.5	82.6	795.5	429.6
Marina Suroeste	3,383.5	5,826.4	1,529.5	936.3	14.2	156.7	422.2	2,961.7	2,195.9
Norte	66,994.1	30,152.0	9,150.2	6,077.6	5.8	873.6	2,193.3	15,232.9	11,407.0
Sur	2,519.2	4,143.6	1,077.4	693.1	10.1	138.1	236.2	1,704.2	1,228.4
<b>2P</b>	<b>241,920.3</b>	<b>232,952.4</b>	<b>28,228.7</b>	<b>20,440.1</b>	<b>327.4</b>	<b>2,226.1</b>	<b>5,235.0</b>	<b>37,508.9</b>	<b>27,227.1</b>
Marina Noreste	64,076.2	25,515.3	9,191.3	8,404.5	196.4	199.8	390.5	3,668.2	2,031.1
Marina Suroeste	21,067.4	27,995.0	3,421.3	2,106.1	44.0	382.6	888.6	6,555.4	4,621.5
Norte	116,711.6	103,895.0	10,502.5	6,691.1	15.5	957.1	2,838.7	19,099.7	14,764.1
Sur	40,065.1	75,547.0	5,113.5	3,238.3	71.5	686.5	1,117.2	8,185.5	5,810.4
<b>Posibles</b>	<b>62,537.6</b>	<b>47,735.9</b>	<b>14,846.0</b>	<b>10,057.2</b>	<b>89.8</b>	<b>1,337.1</b>	<b>3,361.9</b>	<b>23,727.2</b>	<b>17,485.1</b>
Marina Noreste	5,732.0	1,198.6	2,905.9	2,719.0	51.7	43.2	91.9	871.4	478.2
Marina Suroeste	5,424.3	10,605.6	2,589.5	1,445.3	27.1	290.6	826.5	5,671.5	4,298.5
Norte	49,948.9	34,184.1	8,639.8	5,392.0	7.4	926.2	2,314.2	16,223.9	12,036.2
Sur	1,432.5	1,747.7	710.8	500.8	3.7	77.0	129.3	960.4	672.2

\* Líquidos del gas obtenidos en plantas de proceso.

\*\* El líquido obtenido supone un poder calorífico equivalente al crudo Maya y una mezcla promedio de gas seco obtenida en Cactus, Cd. Pemex y Nuevo Pemex.

Nota: Todas las unidades están expresadas a condiciones atmosféricas, y suponen 15.6 °C y 14.7 libras de presión por pulgada cuadrada.

**Cuadro A5**

Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias  
Reservas de hidrocarburos de la Región Marina Noreste al 1 de enero de 2010

	Volumen original		Reserva remanente de hidrocarburos					Reserva remanente de gas	
	Crudo	Gas natural	Petróleo crudo equivalente	Crudo	Condensado	Líquidos de planta *	Gas seco equivalente**	Gas natural	Gas seco
	MMb	MMMpc	MMbpce	MMb	MMb	MMb	MMbpce	MMMpc	MMMpc
<b>Totales (3P)</b>	<b>69,808.2</b>	<b>26,713.9</b>	<b>12,097.2</b>	<b>11,123.6</b>	<b>248.1</b>	<b>243.1</b>	<b>482.5</b>	<b>4,539.6</b>	<b>2,509.3</b>
Cantarell	37,761.3	17,836.6	5,666.6	5,115.8	157.8	129.9	263.1	2,380.2	1,368.3
Ku-Maloob-Zaap	32,046.9	8,877.3	6,430.6	6,007.8	90.3	113.1	219.4	2,159.4	1,141.0
<b>Probadas</b>	<b>58,496.2</b>	<b>24,488.2</b>	<b>6,711.8</b>	<b>6,091.0</b>	<b>155.6</b>	<b>157.4</b>	<b>307.9</b>	<b>2,872.7</b>	<b>1,601.5</b>
Cantarell	36,961.1	17,583.9	2,866.8	2,541.6	93.3	77.9	153.9	1,409.0	800.6
Ku-Maloob-Zaap	21,535.1	6,904.4	3,845.0	3,549.4	62.2	79.4	154.0	1,463.7	801.0
<b>Probables</b>	<b>5,580.0</b>	<b>1,027.1</b>	<b>2,479.5</b>	<b>2,313.6</b>	<b>40.9</b>	<b>42.5</b>	<b>82.6</b>	<b>795.5</b>	<b>429.6</b>
Cantarell	293.2	58.0	1,267.8	1,171.7	26.9	23.5	45.7	417.1	237.9
Ku-Maloob-Zaap	5,286.8	969.1	1,211.7	1,141.9	14.0	19.0	36.9	378.3	191.7
<b>2P</b>	<b>64,076.2</b>	<b>25,515.3</b>	<b>9,191.3</b>	<b>8,404.5</b>	<b>196.4</b>	<b>199.8</b>	<b>390.5</b>	<b>3,668.2</b>	<b>2,031.1</b>
Cantarell	37,254.3	17,641.9	4,134.6	3,713.3	120.2	101.4	199.7	1,826.2	1,038.5
Ku-Maloob-Zaap	26,821.9	7,873.5	5,056.7	4,691.2	76.2	98.4	190.9	1,842.0	992.7
<b>Posibles</b>	<b>5,732.0</b>	<b>1,198.6</b>	<b>2,905.9</b>	<b>2,719.0</b>	<b>51.7</b>	<b>43.2</b>	<b>91.9</b>	<b>871.4</b>	<b>478.2</b>
Cantarell	507.0	194.8	1,532.0	1,402.5	37.6	28.5	63.4	554.0	329.8
Ku-Maloob-Zaap	5,225.0	1,003.9	1,373.9	1,316.6	14.1	14.7	28.5	317.4	148.4

\* Líquidos del gas obtenidos en plantas de proceso.

\*\* El líquido obtenido supone un poder calorífico equivalente al crudo Maya y una mezcla promedio de gas seco obtenida en Cactus, Cd. Pemex y Nuevo Pemex.

Nota: Todas las unidades están expresadas a condiciones atmosféricas, y suponen 15.6 °C y 14.7 libras de presión por pulgada cuadrada.



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

**Cuadro A6**

Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias  
Reservas de hidrocarburos de la Región Marina Suroeste al 1 de enero de 2010

	Volumen original		Reserva remanente de hidrocarburos					Reserva remanente de gas	
	Crudo	Gas natural	Petróleo crudo equivalente	Crudo	Condensado	Líquidos de planta *	Gas seco equivalente**	Gas natural	Gas seco
<b>Totales (3P)</b>	<b>26,491.7</b>	<b>38,600.6</b>	<b>6,010.8</b>	<b>3,551.4</b>	<b>71.1</b>	<b>673.2</b>	<b>1,715.1</b>	<b>12,226.9</b>	<b>8,920.0</b>
Abkatún-Pol-Chuc	16,578.1	15,985.5	1,360.8	1,026.0	26.3	107.7	200.8	1,724.5	1,044.2
Holok-Temoa	0.0	3,653.8	532.9	0.0	21.4	69.6	441.9	2,542.8	2,298.5
Litoral de Tabasco	9,913.6	18,961.4	4,117.1	2,525.5	23.4	495.8	1,072.4	7,959.6	5,577.4
<b>Probadas</b>	<b>17,683.9</b>	<b>22,168.6</b>	<b>1,891.8</b>	<b>1,169.8</b>	<b>29.8</b>	<b>225.9</b>	<b>466.4</b>	<b>3,593.7</b>	<b>2,425.6</b>
Abkatún-Pol-Chuc	14,257.4	14,606.9	806.7	559.6	18.7	79.5	149.0	1,264.0	774.8
Holok-Temoa	0.0	428.5	69.3	0.0	3.8	13.0	52.5	308.6	273.1
Litoral de Tabasco	3,426.5	7,133.2	1,015.8	610.2	7.3	133.4	264.9	2,021.1	1,377.7
<b>Probables</b>	<b>3,383.5</b>	<b>5,826.4</b>	<b>1,529.5</b>	<b>936.3</b>	<b>14.2</b>	<b>156.7</b>	<b>422.2</b>	<b>2,961.7</b>	<b>2,195.9</b>
Abkatún-Pol-Chuc	1,168.7	992.4	356.7	288.8	5.9	21.9	40.2	352.4	208.9
Holok-Temoa	0.0	910.4	129.0	0.0	6.1	19.7	103.2	606.7	536.9
Litoral de Tabasco	2,214.8	3,923.5	1,043.8	647.6	2.3	115.1	278.8	2,002.6	1,450.2
<b>2P</b>	<b>21,067.4</b>	<b>27,995.0</b>	<b>3,421.3</b>	<b>2,106.1</b>	<b>44.0</b>	<b>382.6</b>	<b>888.6</b>	<b>6,555.4</b>	<b>4,621.5</b>
Abkatún-Pol-Chuc	15,426.1	15,599.3	1,163.4	848.4	24.6	101.4	189.1	1,616.4	983.6
Holok-Temoa	0.0	1,338.9	198.3	0.0	9.8	32.8	155.7	915.3	810.0
Litoral de Tabasco	5,641.3	11,056.8	2,059.6	1,257.7	9.6	248.5	543.7	4,023.7	2,827.9
<b>Posibles</b>	<b>5,424.3</b>	<b>10,605.6</b>	<b>2,589.5</b>	<b>1,445.3</b>	<b>27.1</b>	<b>290.6</b>	<b>826.5</b>	<b>5,671.5</b>	<b>4,298.5</b>
Abkatún-Pol-Chuc	1,152.0	386.2	197.3	177.6	1.8	6.3	11.6	108.1	60.5
Holok-Temoa	0.0	2,314.8	334.6	0.0	11.5	36.9	286.2	1,627.5	1,488.5
Litoral de Tabasco	4,272.3	7,904.6	2,057.6	1,267.7	13.8	247.4	528.7	3,935.9	2,749.6

\* Líquidos del gas obtenidos en plantas de proceso.

\*\* El líquido obtenido supone un poder calorífico equivalente al crudo Maya y una mezcla promedio de gas seco obtenida en Cactus, Cd. Pemex y Nuevo Pemex.

Nota: Todas las unidades están expresadas a condiciones atmosféricas, y suponen 15.6 °C y 14.7 libras de presión por pulgada cuadrada.

**Cuadro A7**

Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias  
Reservas de hidrocarburos de la Región Norte al 1 de enero de 2010

	Volumen original		Reserva remanente de hidrocarburos					Reserva remanente de gas	
	Crudo	Gas natural	Petróleo crudo equivalente	Crudo	Condensado	Líquidos de planta *	Gas seco equivalente**	Gas natural	Gas seco
<b>Totales (3P)</b>	<b>166,660.5</b>	<b>138,079.1</b>	<b>19,142.4</b>	<b>12,083.1</b>	<b>22.9</b>	<b>1,883.4</b>	<b>5,153.0</b>	<b>35,323.6</b>	<b>26,800.2</b>
Aceite Terciario del Golfo	137,289.6	54,434.9	17,191.8	11,399.7	0.0	1,775.9	4,016.3	28,580.3	20,888.6
Burgos	142.3	22,667.2	861.0	0.0	22.0	69.8	769.2	4,260.9	4,000.7
Poza Rica-Altamira	28,483.0	55,345.9	861.2	665.0	0.0	33.3	162.9	1,401.7	847.3
Veracruz	745.5	5,631.1	228.3	18.5	0.9	4.5	204.5	1,080.8	1,063.6
<b>Probadas</b>	<b>49,717.5</b>	<b>73,743.0</b>	<b>1,352.3</b>	<b>613.6</b>	<b>9.7</b>	<b>83.5</b>	<b>645.5</b>	<b>3,866.8</b>	<b>3,357.0</b>
Aceite Terciario del Golfo	21,282.4	7,701.0	482.9	358.3	0.0	38.1	86.6	610.7	450.2
Burgos	130.0	17,387.8	384.3	0.0	9.5	30.0	344.9	1,914.6	1,793.9
Poza Rica-Altamira	27,559.5	43,140.0	302.6	246.2	0.0	14.3	42.0	440.5	218.7
Veracruz	745.5	5,514.2	182.5	9.1	0.3	1.2	171.9	901.0	894.2
<b>Probables</b>	<b>66,994.1</b>	<b>30,152.0</b>	<b>9,150.2</b>	<b>6,077.6</b>	<b>5.8</b>	<b>873.6</b>	<b>2,193.3</b>	<b>15,232.9</b>	<b>11,407.0</b>
Aceite Terciario del Golfo	66,835.4	26,723.2	8,556.1	5,796.2	0.0	844.6	1,915.3	13,543.1	9,961.4
Burgos	8.6	2,438.0	205.2	0.0	5.7	18.0	181.5	1,002.7	943.9
Poza Rica-Altamira	150.2	990.8	372.3	275.9	0.0	10.7	85.7	630.2	446.0
Veracruz	0.0	0.0	16.6	5.5	0.1	0.3	10.7	56.9	55.8
<b>2P</b>	<b>116,711.6</b>	<b>103,895.0</b>	<b>10,502.5</b>	<b>6,691.1</b>	<b>15.5</b>	<b>957.1</b>	<b>2,838.7</b>	<b>19,099.7</b>	<b>14,764.1</b>
Aceite Terciario del Golfo	88,117.8	34,424.2	9,039.0	6,154.5	0.0	882.7	2,001.9	14,153.8	10,411.5
Burgos	138.6	19,825.8	589.5	0.0	15.2	48.0	526.4	2,917.4	2,737.9
Poza Rica-Altamira	27,709.7	44,130.8	674.9	522.1	0.0	25.0	127.8	1,070.6	664.6
Veracruz	745.5	5,514.2	199.1	14.5	0.4	1.5	182.7	957.9	950.0
<b>Posibles</b>	<b>49,948.9</b>	<b>34,184.1</b>	<b>8,639.8</b>	<b>5,392.0</b>	<b>7.4</b>	<b>926.2</b>	<b>2,314.2</b>	<b>16,223.9</b>	<b>12,036.2</b>
Aceite Terciario del Golfo	49,171.8	20,010.7	8,152.8	5,245.2	0.0	893.2	2,014.5	14,426.4	10,477.1
Burgos	3.7	2,841.4	271.5	0.0	6.9	21.8	242.8	1,343.5	1,262.8
Poza Rica-Altamira	773.4	11,215.1	186.3	142.9	0.0	8.3	35.1	331.1	182.7
Veracruz	0.0	117.0	29.2	4.0	0.5	3.0	21.8	122.9	113.6

\* Líquidos del gas obtenidos en plantas de proceso.

\*\* El líquido obtenido supone un poder calorífico equivalente al crudo Maya y una mezcla promedio de gas seco obtenida en Cactus, Cd. Pemex y Nuevo Pemex.

Nota: Todas las unidades están expresadas a condiciones atmosféricas, y suponen 15.6 °C y 14.7 libras de presión por pulgada cuadrada.



Las reservas probables alcanzan 14,237 MMbpce. La agregación de éstas y las reservas probadas forman la reserva 2P, la cual asciende a 28,229 MMbpce. El 60% de las reservas probables se ubican en el Proyecto Aceite Terciario del Golfo (Chicontepec).

Asimismo, la porción marina concentra el 28% de estas reservas, donde destacan el complejo Ku Maloob-Zaap, May, Pit, Ayatsil y Sinán.

Las reservas posibles alcanzaron 14,846 MMbpce que, sumadas con las reservas probadas y probables integran una reserva 3P de 43,075 MMbpce. El 55% de estas reservas se localizan en Chicontepec, mientras que 37% se concentran en las regiones marinas.

Las estimaciones de PEMEX de las reservas probables y posibles en Chicontepec han diferido de las estimaciones de reservas probables y posibles del auditor. Estas diferencias se deben a interpretaciones distintas, particularmente en lo relacionado al beneficio obtenido al aplicar mecanismos para mejorar la recuperación por pozo relacionados con mantenimiento de presión. En este contexto, la introducción de los laboratorios de campo y la implementación de pruebas piloto de inyección de agua contribuirán a confirmar la estrategia para mejorar la recuperación.

Las reservas 3P están conformadas de 71% de crudo, 9% de condensados y líquidos de planta, y 20% de gas seco equivalente a líquido.

## **III.2.-LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA, UN ELEMENTO DE LA SEGURIDAD ENERGETICA.**

### **III.2.1 LA DEFINICIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

Las energías renovables (véase el cuadro de abajo) son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua. Las fuentes renovables de energía perduraran por miles de años. Las energías renovables se pueden clasificar de distintas formas: por su origen primario de la energía, por el nivel de desarrollo de las tecnologías, y por las aplicaciones de las energías.



Fuente de energía renovable	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol <sup>(1)</sup>	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional	Nueva	En proceso de desarrollo	Electricidad	Calor <sup>(2)</sup>	Combustibles líquidos
Eólica									
Radiación solar									
Hidráulica									
Bioenergía					(3)				
Geotermia						(4)			
Olas									
Mareas									
Corrientes oceánicas			(5)						
Otras energías oceánicas <sup>(6)</sup>									

Clasificación de las energías renovables, (SENER 2009).

Explicación del cuadro anterior.

1. La mayoría de las fuentes de energía tienen a la energía del sol como origen de forma indirecta. Por ejemplo, en el caso del viento, la radiación solar calienta masas de aire, lo que a su vez provoca su movimiento.
2. Todas las fuentes renovables pueden ser utilizadas para generar electricidad, y a partir de esta producir calor o energía para el transporte, pero aquí se muestran solo aquellas fuentes que pueden tener estas aplicaciones de manera directa.
3. La bioenergía se utiliza tradicionalmente como combustible desde hace milenios. Sin embargo, existen también tecnologías para su aprovechamiento para generar electricidad o para la producción de biocombustibles, que son relativamente nuevas o que están en proceso de desarrollo.
4. La geotermia se aprovecha tradicionalmente de varias maneras, y existen además tecnologías en desarrollo, tales como la de rocas secas y la geotermia submarina.
5. Las corrientes oceánicas se deben a diversos factores: viento, diferencias en temperaturas, diferencias en salinidad, rotación de la tierra y mareas.
6. Otras energías oceánicas incluyen el gradiente térmico oceánico y el gradiente de concentración de sal (en desembocaduras de ríos).

<sup>3</sup> SENER, Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables ([tinyurl.com/Renovables](http://tinyurl.com/Renovables))

<sup>4</sup> Dato correspondiente al 2006 (IEA, 2008c). Mas del 70% de la energía primaria renovable corresponde al uso de leña y de otros combustibles sólidos de biomasa para cocción de alimentos y calefacción en países en desarrollo, en condiciones que se pueden calificar como no sustentables, debido a los impactos de la contaminación intramuros en la salud de los usuarios, así como, en algunos casos, a la deforestación.

<sup>5</sup> Balance Nacional de Energía 2007. El 36% de la energía primaria renovable corresponde al uso de leña para cocción, en condiciones no sustentables.



### III.2.2.- PERSPECTIVA HISTÓRICA Y REVOLUCIONES ENERGÉTICAS.

El aprovechamiento de la energía disponible de manera renovable en la naturaleza se encuentra en el origen del ser humano, cuando nuestros antepasados aprendieron a controlar el fuego, y de este modo aprovechar la energía de la biomasa. A lo largo de la historia de la humanidad, hemos aprovechado la energía de la biomasa, de la radiación solar directa, del viento, del movimiento del agua y de la geotermia de distintas maneras, y solo es a partir de la revolución industrial cuando comenzamos a utilizar a gran escala la enorme cantidad de energía contenida en recursos no renovables: carbón, petróleo, gas natural y uranio, principalmente.

Siendo así, es de importancia conocer cronológicamente los acontecimientos que determinaron la evolución de la humanidad durante los últimos cuatro siglos, mencionando las diferentes revoluciones energéticas, desde el uso de los combustibles fósiles y el uso tecnológico de las fuentes alternas de energía.

#### **Revoluciones Energética <sup>2.5</sup>:**

##### **Primera Revolución Energética, el uso del carbón, (1770-1869):**

En 1770, en Inglaterra tuvo lugar la primera revolución industrial la cual fue acompañada por una revolución energética; esta última es también la primera en la historia contemporánea de la humanidad. En esa revolución industrial el hombre europeo de la ilustración y del capitalismo insipiente; este, en su fase mercantilista comenzó a usar la máquina de vapor.

Con esta novedad tecnológica, Inglaterra y otras naciones lograron incrementar sus niveles de producción industrial, sobre todo en el área textil; esto le permitió también aumentar su comercio internacional a través del régimen colonial, que habían impuesto en tierras de ultramar. Comenzó a desarrollarse así lo que en términos geopolíticos se denomina la fase imperialista del capitalismo.

En lo que concierne a la **Primera Revolución Energética**, ésta consistió en sustituir los molinos de viento y las caídas de agua por el carbón, un mineral que se encuentra en el subsuelo o que en ocasiones aflora en la superficie.

Como se sabe, el carbón es el producto de la fosilización y metamorfismo de los árboles y plantas que existieron hace muchos años y que quedaron sepultados ya sea en zonas pantanosas o bosques exuberantes. En este sentido, como se sabe, la naturaleza fue prolífica con los europeos, ya que les regalo grandes yacimientos carboníferos.

---

2.5.-La nueva revolución Energética (Su impacto en la geopolítica y seguridad internacional) García Reyes Miguel, 2007, México, Editorial García Goldman y Koronovsky editores, pág. 100-116.



### ***Segunda Revolución Energética, el uso del petróleo, (1870-1964):***

En 1870, también en Europa, y de nuevo en la Gran Bretaña, en el marco del capitalismo, ahora en su fase industrial, se desarrolló la segunda revolución industrial que consistió en usar el motor de combustión interna; el cual, como era de esperarse, desplazó parcialmente a la máquina de vapor. Esta vez, **la revolución energética, la segunda en la historia de la humanidad**, hizo posible usar de manera intensiva el petróleo, un recurso no renovable, que como el carbón, se encuentra también en el subsuelo. Con la consolidación del papel del crudo, en el ámbito energético surge y se consolida el Primer Orden Petrolero Mundial, que encabezan las naciones que consumen el hidrocarburo y que se esfuerzan por encontrarlo y explotarlo.

Con la Segunda Revolución Industrial, y con el uso intensivo del petróleo, aparecieron los automóviles y posteriormente los aviones. Con estos dos tipos de transporte, el hombre dio un salto cuantitativo en las áreas de las comunicaciones y transportes; esto le permitió avanzar más rápidamente en sus conquistas territoriales. En esta etapa la Geopolítica se consolida en las acciones de conquista que llevan a cabo las elites europeas y ahora también la estadounidense; se consolida así el proceso geopolítico imperialista que encabezan las naciones de Europa y que tienen como víctimas principales a las naciones de África, Asia y América Latina.

### ***Tercera Revolución Energética, uso de la energía nuclear (1965-1988):***

Una de las consecuencias positivas del embargo petrolero que causó una escasez temporal de crudo, en el mercado internacional fue la Tercera Revolución Industrial, (ahora denominada científico-tecnológica), de la humanidad. Esta se presentó principalmente en las naciones desarrolladas y tuvo como objetivo adecuar la industria, el transporte y los servicios a un nuevo ámbito energético; donde prevalecía la escasez de crudo. Esto ocasionó así la **Tercera Revolución Energética** de la humanidad, a través de la cual se intentó abandonar el petróleo e incursionar a las energías limpias. A diferencia de las revoluciones industriales anteriores, en esta fueron varios los países que la generaron; entre estos destacan Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia e Inglaterra entre otros.

Algunas de las ramas que se fortalecieron con los avances de la Tercera Revolución Industrial fueron la informática, la robótica, las telecomunicaciones y la biotecnología. Es en esta época, cuando las naciones que son grandes consumidoras de petróleo, sobre todo las europeas, norteamericanas y asiáticas, deciden iniciar sendos programas de construcción de plantas nucleares, las cuales en principio les iban a permitir el ahorro de hidrocarburos. Francia, Alemania, la URSS, Japón y Estados Unidos son las que más invirtieron en la Tercera Revolución Energética y sobre todo en el uso de la energía nuclear.

---

2.5.-La nueva revolución Energética (Su impacto en la geopolítica y seguridad internacional) García Reyes Miguel, 2007, México, Editorial García Goldman y Koronovsky editores, pág. 100-116.



#### ***Cuarta Revolución Energética, fuentes alternativas de energía (1988-2004):***

En el primer lustro de la presente década, varios factores determinaron el surgimiento de la Quinta Revolución Industrial de la humanidad en la que ahora es la nanotecnología y las tecnologías ambientales avanzadas en las que comienzan a predominar en el proceso evolutivo de la humanidad. En la aparición de esta nueva Revolución Industrial, jugaron un papel muy importante de las transnacionales petroleras sobre todo las denominadas energéticas. Con el cambio de patrones productivos industriales los actores antes mencionados comenzaron a promover la ***Cuarta Revolución Energética***, en la cual, efectivamente, se promueve la disminución del uso del petróleo, y se recomienda utilizar el gas natural y las fuentes limpias de energía. Otros factores que están determinando la Nueva Revolución Energética, son: la cada vez mayor escasez de crudo y los altos niveles de contaminación que existen en el medio ambiente, e que incluso han producido el fenómeno del calentamiento global.

Durante las últimas décadas se ha dado a nivel mundial un proceso de transición hacia una mayor participación de las energías renovables, impulsado por una serie de factores, entre los cuales se encuentran:

- las preocupaciones de soberanía y de seguridad en el abasto de energía en países importadores de energía, sobre todo a partir de las crisis petroleras, y la cada vez mayor volatilidad de los precios de los combustibles; y
- las preocupaciones por los impactos ambientales de los sistemas energéticos: en particular la lluvia ácida y, más recientemente, el cambio climático.

Este proceso de transición, impulsado por nuevas tecnologías y menores precios que son el resultado del desarrollo tecnológico e industrial, se ha acelerado desde finales de la década de los noventa en varios países del Mundo, entre los cuales resaltan Alemania, España, Dinamarca, Estados Unidos, Brasil, India y China. Gracias a una inversión anual de 40 mil millones de dólares en el año 2005 y de 71 mil millones en el 2007, la capacidad instalada y la producción de energía se han disparado en estos últimos años.

Por ejemplo: la capacidad eólica es un buen indicador de este rápido crecimiento. Mientras que en 1985, la capacidad mundial era de 1,020 MW (equivalentes a menos de la mitad de la central termoeléctrica de Tuxpan)<sup>6</sup>, para el 2008 rebaso los 120,000 MW (es decir, más del doble de la capacidad total de generación de electricidad en México).

### **III.2.3.-EL CASO DE MÉXICO**

La energía hidráulica fue el principal motor de la industrialización de nuestro país en el siglo XIX. Ingenios Azucareros y fábricas de hilados y tejidos con ruedas hidráulicas se multiplicaron en muchas regiones del país.

En el último tercio del siglo, las ruedas se sustituyeron por turbinas hidráulicas, y comenzó la generación de electricidad con esta tecnología. La energía hidráulica siguió desempeñando un papel importante en la oferta interna de energía pero su participación decayó durante la primera mitad del siglo XX ante el gran crecimiento en la utilización de combustibles fósiles, impulsado entre otros factores por la disponibilidad de petrolíferos y de gas natural, entonces baratos (véase la Ilustración 1).



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

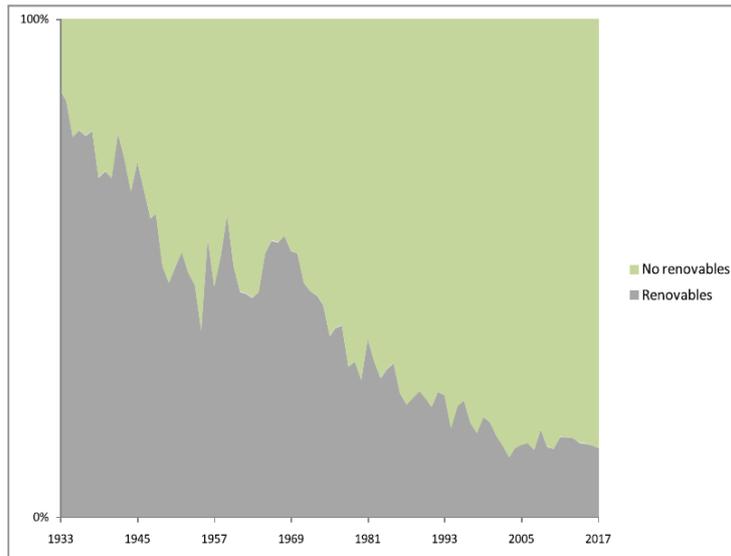


Ilustración 1. Evolución de la participación de fuentes de energía en la generación de electricidad en México, 1933-2017  
Incluye la generación para el servicio público y de particulares.

*Fuente: Elaboración a partir de registros y prospectivas de la Secretaría de Energía.*

De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico, la tendencia decreciente en la participación relativa de las energías renovables en la matriz energética del servicio público continuara durante los próximos años. Sin embargo, si se toman en cuenta los proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, la participación de las energías renovables aumentara en los próximos años, lo que permitirá cumplir con la meta establecida en el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 de alcanzar el 26% de participación en la capacidad instalada.

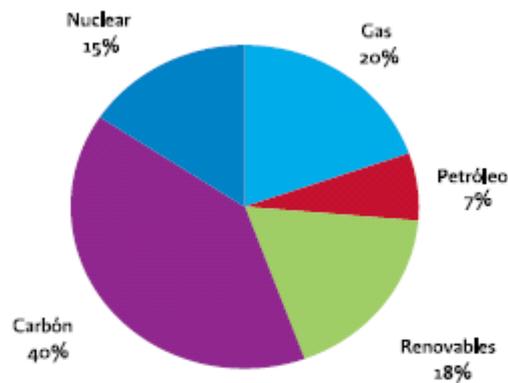


### III.3.- FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA Y SU DESARROLLO TECNOLÓGICO.

#### 1. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO

Las energías renovables a nivel mundial representan el 18%<sup>3</sup> de la generación eléctrica, (la mayoría de esta participación considera las energías hidráulica y eólica) mientras que, la contribución al suministro térmico de las renovables es de un 24%<sup>4</sup>. La participación de las energías fotovoltaica, solar, eólica y la bioenergía ha crecido rápidamente en los últimos años, efecto que se atribuye a las inversiones en investigación y desarrollo que se iniciaron hace más de tres décadas.

Participación en la Generación Eléctrica



Elaboración en base a datos de la International Energy Agency, *Renewables in global energy Supply 2007*.

Mundialmente, la capacidad de generación a través de celdas fotovoltaicas es de alrededor de 6,000 Megawatts (MW)<sup>5</sup>, instalada principalmente en Alemania, Japón y Estados Unidos de América. En comparación, la energía termosolar está aún en desarrollo. Actualmente se cuenta con una capacidad instalada de 354 MW<sup>6</sup> y, con varios proyectos en construcción, se espera que para 2010 alcance los 2,000 MW<sup>7</sup>. Países como Estados Unidos de América, España, Australia, Israel, Italia, China, Irán, Jordania y Malta albergan dicha tecnología<sup>8</sup>.

3 Agencia Internacional de Energía, *Renewable Energy Outlook*. 2008. Disponible en: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/weo2008.pdf>. Pág. 159.

4 Greenpeace. *Revolución Energética: Perspectiva Mundial de la Energía Renovable*. 2008. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/r-evoluci-n-energetica-persp.pdf>.

5 Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 168.

6 *Ibidem*. Pág. 170.

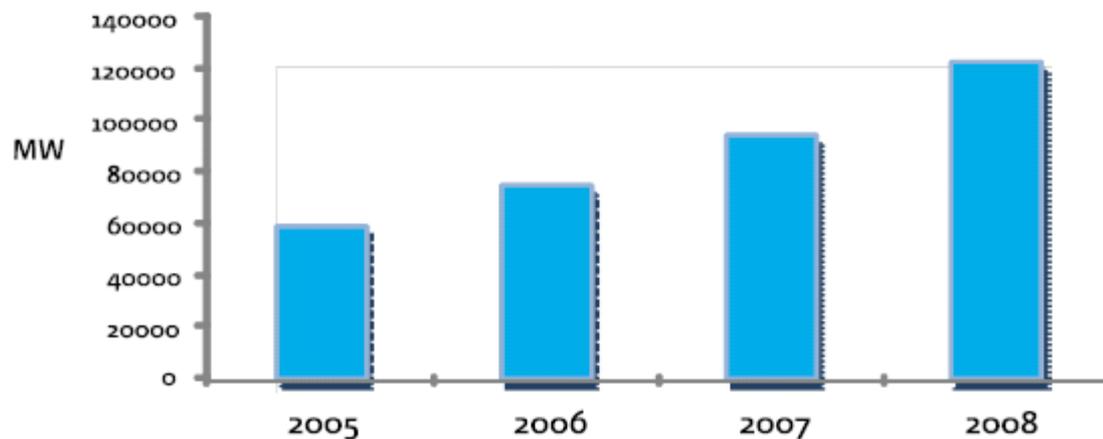
7 *Ídem*.

8 *Ídem*.



Globalmente la capacidad de generación eléctrica a través de la energía hidráulica es de 170,000 MW; la mayor parte de esta capacidad está instalada en países asiáticos, como China, India y Vietnam<sup>9</sup>. En cuanto a la energía eólica, la capacidad de generación es de 121,000 MW<sup>10</sup>, destacando: España, Alemania, Estados Unidos de América, India y China.

## Capacidad Eólica Instalada a Nivel Mundial



Grafica tomada de "Programa de energías renovables", elaborada con la utilización de datos de World Energy Association 2008. World Wind Report

<sup>9</sup> Agencia Internacional de Energía. Op. Cit. Pág. 165.

<sup>10</sup> World Wind Energy Association 2008. World Wind Report. Pág. 4. Disponible en: [http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2008\\_s.pdf](http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2008_s.pdf).



## PAÍSES CON MAYOR PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD EÓLICA

País	Capacidad Instalada (MW)	Producción (MWh)
Alemania	20,600	30,700,000
España	11,600	23,000,000
Estados Unidos	11,600	26,700,000
India	6,300	8,000,000
Dinamarca	3,100	6,100,000
China	2,600	3,900,000
Italia	2,100	3,000,000
Reino Unido	2,000	4,200,000
Portugal	1,700	2,900,000
Francia	1,600	2,200,000

Grafica tomada de "Programa de energías renovables", elaborada con la utilización de datos de Agencia Internacional de Energías. *Renewable energy Outlook, 2008.*

La producción de electricidad a través de la energía geotérmica, alcanzó los 60,000,000 MWh<sup>11</sup> en 2006. De conformidad con la Agencia Internacional de Energía, los 10 países integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico que producen más energía geotérmica son: Estados Unidos, México, Islandia, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Suiza, Turquía, Alemania y Portugal<sup>12</sup>. Nuestro país cuenta con 964.5 MW de capacidad instalada, misma que tiene una generación bruta de 7, 057,768 MW/h, distribuida en cuatro centrales geotermoeléctricas.

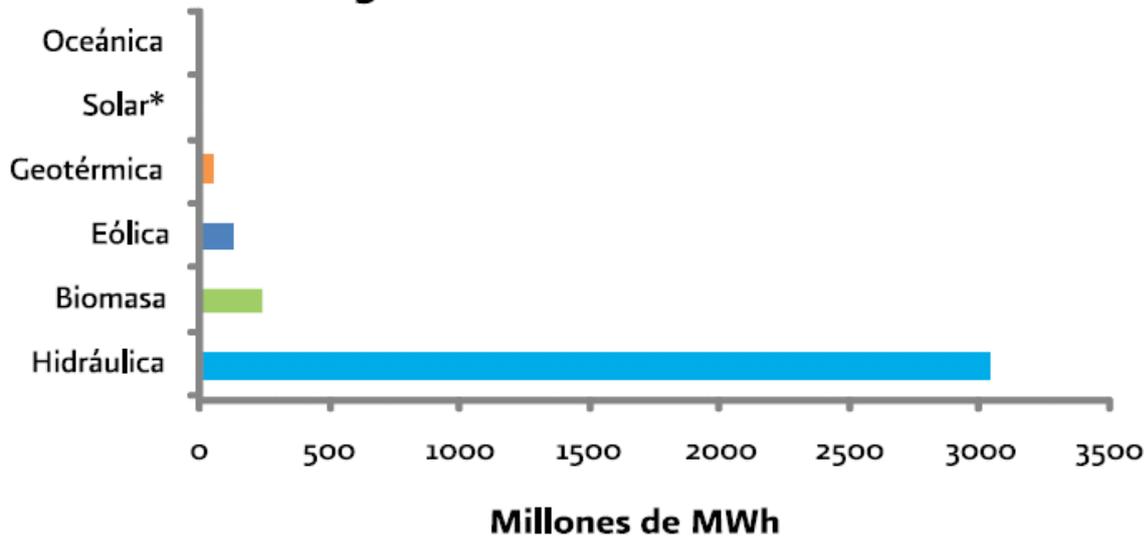
Dentro de las energías renovables, la biomasa es la fuente que contribuye en mayor medida a la producción de energía primaria, aunque solamente el 7% es usado para generar electricidad, alrededor de 239, 000,000 MWh<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 170.

<sup>12</sup> Agencia Internacional de Energía. Disponible en: <http://www.iea.org/textbase/pm/maps/images/World/geothermal.htm>.

<sup>13</sup> Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.* Pág. 171.

## Generación de electricidad a través de energías renovables a nivel mundial



Grafica tomada de "Programa de energías renovables", elaborada con la utilización de datos de World Energy Association 2008. World Wind Report Estimado (sumando las capacidades instaladas de tecnologías: solar fotovoltaica y termosolar, y considerando un trabajo diario de 5 hrs por 365 días, resulta una generación de 11.596 millones de MWh).

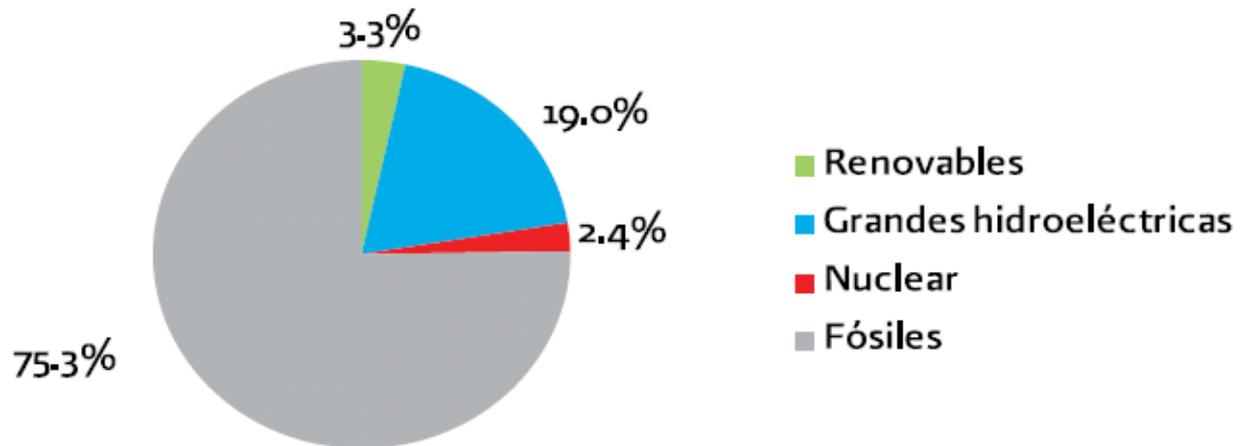
La energía oceánica, en comparación con las demás fuentes renovables, es la que menos contribuye a la generación de electricidad. Los países poseedores de tecnología para aprovechar este tipo de energía son: Reino Unido, Francia, Estados Unidos, Canadá, China, Rusia y Noruega, mismos que apenas comienzan a comercializarla. En la actualidad se encuentra en investigación y desarrollo una nueva generación de energías renovables. En ella destacan los concentradores solares, la energía oceánica, geotérmica avanzada y las biorefinerías.

## 2.-LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

Actualmente, México cuenta con alrededor de 1,924.8 MW<sup>14</sup> de capacidad instalada de generación eléctrica con base en energías renovables, que incluye la capacidad destinada al servicio público, cogeneración y autoabastecimiento, representando el 3.3%<sup>15</sup> de la capacidad instalada en el servicio público del país.



## Capacidad Instalada de Generación Eléctrica



Tomada de "Programa de Energías Renovables" Elaboración propia con base en datos de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad.

14 Secretaría de Energía, con información de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad. Unidades Generadoras en Operación, 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20ª Edición, Marzo de 2009.

15 Ídem. Este indicador comprende el total de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo proyectos destinados al servicio público y permisos para generación eléctrica, de acuerdo con los criterios y restricciones definidos en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. No se incluyen proyectos para exportación ni importación de energía eléctrica.



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

En la siguiente tabla se muestra la capacidad instalada total, a partir de fuentes renovables, por tipo de tecnología:

Capacidad y Generación Eléctrica en México por Tipo de Energía (2008)\*\*

Tecnología	Desarrollador	CAPACIDAD		GENERACIÓN	
		Anual (MW)	% Total	Anual (GWh)	% Total
Eoloeléctrica	CFE	85.250	0.15%	231.505	0.09%
Eoloeléctrica	Permisarios	0.000	0.00%	0.000	0.00%
<b>Total Eoloeléctrica</b>		<b>85.250</b>	<b>0.15%</b>	<b>231.505</b>	<b>0.09%</b>
Pequeña hidroeléctrica	CFE	270.128	0.46%	1309.525	0.53%
Pequeña hidroeléctrica	LFC	23.330	0.04%	52.988	0.02%
Pequeña hidroeléctrica*	Permisarios	83.492	0.14%	228.053	0.09%
<b>Total Hidroeléctrica</b>		<b>376.950</b>	<b>0.65%</b>	<b>1590.566</b>	<b>0.64%</b>
Geotermoeléctrica	CFE	964.500	1.66%	7057.768	2.86%
Biomasa y biogás*	Permisarios	498.116	0.86%	819.345	0.33%
<b>Total</b>		<b>1924.816</b>	<b>3.31%</b>	<b>9699.184</b>	<b>3.93%</b>
Total servicio público y permisarios	58105.537	100%	246785	100.00%	
Participación Renovables		<b>3.31%</b>		<b>3.93%</b>	

\* Incluyen proyectos Híbridos.

\*\*Proyectos en operación al cierre del 2008.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Comisión Reguladora de Energía y la Comisión Federal de Electricidad. Unidades Generadoras en Operación, 2008, Sistema Eléctrico Nacional (Servicio Público), 20ª Edición, CFE, Marzo de 2009.

### III.3.1.-ENERGÍA EÓLICA

#### III.3.1.1.-Tecnologías

Las turbinas eólicas transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, ya sea para mover directamente una maquina tal como una bomba de agua, o bien para impulsar un generador eléctrico. Existen turbinas de muchos tamaños, desde unos 500 W, hasta más de 7 MW. Las de mayor tamaño están destinadas principalmente a granjas eólicas marinas. En el transcurso de las últimas dos décadas la tecnología de las turbinas eólicas ha avanzado radicalmente y sus costos se han reducido hasta hacerse competitivos con las tecnologías convencionales en contextos geográficos favorables (*véase la ilustración de abajo*).



*Central eoloeléctrica de La Venta II.*

*Para el potencial de estas tecnologías en México, véase Alcocer e Hiriart, 2008 ([tinyurl.com/arpwdre](http://tinyurl.com/arpwdre)). La Comisión Federal de Electricidad planea instalar un proyecto piloto a base de oleaje en Rosarito, Baja California, con una capacidad de 0.75 MW (El Universal, 2008; [tinyurl.com/Rosarito](http://tinyurl.com/Rosarito)).*

#### III.3.1.2.-Costos

El costo de las turbinas eólicas es de aproximadamente US\$1,700 por Kw. El costo de la electricidad generada depende de la velocidad del viento y de su distribución a lo largo del año. En condiciones óptimas, con costos de alrededor de 5 centavos de dólar por Kw/h, esta tecnología resulta competitiva con muchas de las tecnologías convencionales de generación de electricidad<sup>1</sup>.

#### III.3.1.3.-Estado actual

La energía eólica se ha desarrollado a pasos acelerados en el Mundo durante los últimos años. En el año 2008, la capacidad instalada mundial llego a los 120,800 MW<sup>2</sup>. En México existen en la actualidad 170 MW de capacidad eólica en operacion<sup>3</sup>, que se dividen en:

1.- Para el caso de las granjas eólicas marinas, el costo de la electricidad sube a entre US \$8 y 12 Kw/h. Costo promedio de turbinas obtenido de Banco Mundial, 2008 ([tinyurl.com/draftdoc1](http://tinyurl.com/draftdoc1)). Costo de electricidad: REN21, 2009 ([tinyurl.com/gsr2008](http://tinyurl.com/gsr2008)).

2.- Tan solo en el año 2008, se instalaron más de 27,000 MW de nueva capacidad eólica (GWEC, 2009; [tinyurl.com/GWEC090202](http://tinyurl.com/GWEC090202)).

3.- Balance Nacional de Energía 2007 ([tinyurl.com/BNE2007](http://tinyurl.com/BNE2007)) y Reforma, 2009 ([tinyurl.com/Nota Reforma](http://tinyurl.com/Nota Reforma)).

- 85 MW en los proyectos La Venta I y La Venta II operados por la CFE en el Istmo de Tehuantepec.
- 80 MW en el proyecto de autoabastecimiento Parques Ecológicos de México, que entro gradualmente en operación desde enero del 2009.
- 0.6 MW en una turbina de la CFE en Guerrero Negro, Baja California Sur.
- 2 MW en pequeños aerogeneradores en sitios aislados de la red.
- 3 MW en pequeñas aerobombas (turbinas eólicas que impulsan bombas hidráulicas).



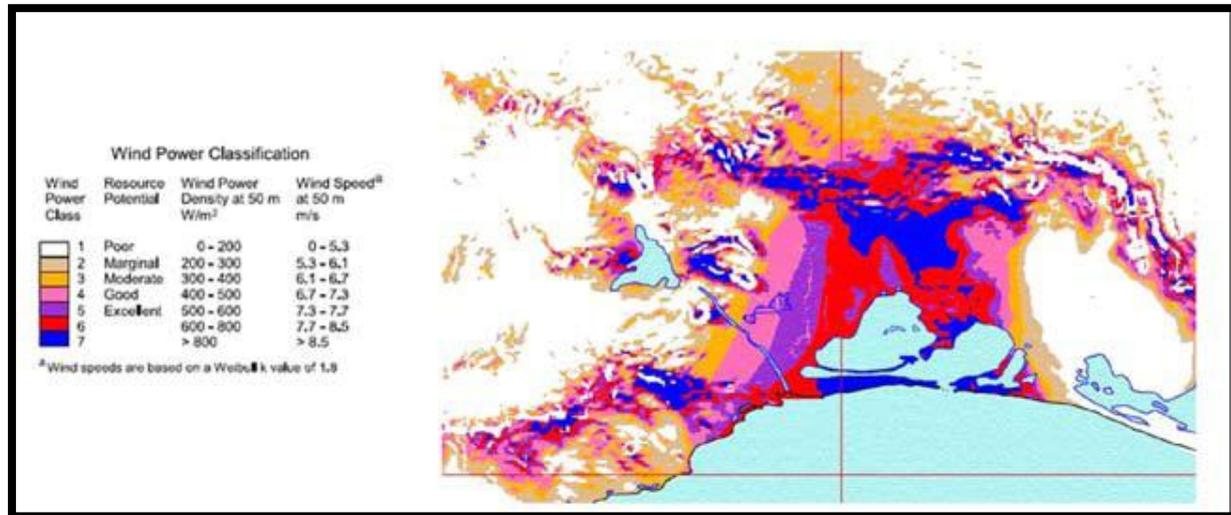
*Parque eólico*

La CFE licito recientemente otros dos proyectos denominados La Venta III y Oaxaca I, cada uno con una capacidad de 101.5 MW. Estos proyectos se realizaran en la modalidad de producción Independiente de Energía. Otros tres proyectos de CFE en la misma modalidad con una capacidad total de 304 MW están planeados para entrar en operación en el transcurso de los próximos tres años.

Por otro lado, están en proceso de construcción o de planeación un gran número de proyectos eólicos de autoabastecimiento y de exportación, ubicados principalmente en el Istmo de Tehuantepec, así como en La Rumorosa, en Baja California, Nuevo León y Tamaulipas. Estos proyectos, con una capacidad total de más de 2,000 MW, se han hecho posibles gracias a instrumentos regulatorios favorables.

#### **III.3.2.4.-Potencial**

El potencial eólico del país no ha sido evaluado de manera exhaustiva. Se han realizado, sin embargo, evaluaciones del recurso en regiones específicas. En particular el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos ha coordinado la realización de mapas eólicos para Oaxaca (véase ilustración de abajo), Baja California Sur, las costas de Yucatán y de Quintana Roo y las franjas fronterizas de los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua. Estos mapas se han realizado conjuntando información de estaciones meteorológicas con técnicas de prospección remota.



Fragmento del mapa eólico del estado de Oaxaca

Fuente: *Wind Energy Resource Atlas de Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory (NREL)*

Como parte del proyecto “Plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloelectrónica en México”, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha instalado anemómetros en diversos puntos del país y ha encontrado potenciales significativos en varios de ellos. Asimismo, como parte de las actividades del PERGE, está previsto que la Comisión Federal de Electricidad realizara en el transcurso de los próximos años una evaluación, la cual, junto con la información disponible de otras fuentes, permitirá contar con un mapa eólico nacional.

Las posibilidades de desarrollo de la energía eólica en el corto y en el mediano plazo en México dependen no solo del potencial físico del recurso, sino también de la capacidad industrial y de la capacidad del sistema eléctrico para absorber la electricidad generada sin poner en riesgo la seguridad y la estabilidad del sistema. La factibilidad económica de estos proyectos dependerá de los mecanismos regulatorios y del acceso a los instrumentos internacionales relacionados con la mitigación del cambio climático.

Existe también potencial técnico y económico para el desarrollo de sistemas eólicos en aplicaciones fuera de la red eléctrica, tales como la generación de electricidad y el bombeo de agua por medio de aerobombas.

### III.3.2.-RADIACIÓN SOLAR PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

#### III.3.2.1.-Tecnologías

Existen dos tecnologías para la generación de electricidad a partir de radiación solar: la fotovoltaica y la de concentración solar<sup>4</sup>. Las celdas fotovoltaicas transforman directamente la radiación solar en electricidad, por medio de un fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico. Las celdas fotovoltaicas se pueden utilizar en conexión con la red eléctrica, o bien en sitios aislados, por medio de sistemas que incluyen baterías

En las centrales de concentración solar, la radiación solar calienta un fluido, que a su vez mueve una máquina térmica y un generador eléctrico. El calentamiento del fluido se hace por lo general por medio de dispositivos ópticos que concentran la radiación solar, logrando altas temperaturas, del mismo modo en que con una lupa se puede quemar un pedazo de papel. Una de las versiones de esta tecnología consiste en espejos parabólicos que concentran la radiación solar en un tubo en el cual circula un fluido (véase ilustración de abajo), mientras que en la otra versión un conjunto de espejos concentran la radiación en una torre denominada torre solar.

Las centrales de concentración solar tienen la ventaja adicional de que pueden permitir, mediante inversiones adicionales, almacenar la energía en forma de calor, de manera que es posible generar electricidad aun cuando no hay radiación solar. Ambas tecnologías, la fotovoltaica y la de concentración solar, se han desarrollado aceleradamente en los últimos años, alcanzando eficiencias de más de 15%.



Central solar de canal parabólico Kramer Junction, California

4.- Otras tecnologías, tales como la tecnología de torre de aire (energy tower), que aprovecha de manera indirecta la radiación solar, están en una etapa conceptual de desarrollo. Véase JIQ, 2009 ([www.jiqweb.org/jiq0408.pdf](http://www.jiqweb.org/jiq0408.pdf)).



### III.3.2.2.-Costos

Entre las distintas tecnologías para la generación de electricidad a partir de la radiación solar, las centrales de concentración solar tienen los menores costos de inversión, con aproximadamente US\$2,200/kW.<sup>5</sup>

Los sistemas fotovoltaicos en conexión con la red cuestan US\$8,000/Kw<sup>6</sup>, y los sistemas fuera de red el doble.<sup>7</sup> Los costos de la electricidad generada son todavía demasiado altos para poder ser competitivos con otras tecnologías: entre 12 y 18 US ¢/Kw/h para centrales de concentración solar, entre 0.26US ¢/Kw/h (Mx\$2.85) y 0.36 US ¢/Kw/h (Mx\$3.94) para sistemas fotovoltaicos en conexión a la red eléctrica en México, suponiendo un costo de inversión de US\$7,490.90/Kw (Mx\$82,400) y entre 40 y 60 US ¢/Kw/h para sistemas rurales fotovoltaicos. Se espera, sin embargo, que estos costos disminuyan significativamente en el transcurso de los próximos lustros.

### III.3.2.3.-Estado actual

En el Mundo existe una capacidad instalada fotovoltaica de 13 GW en conexión con la red eléctrica, y de aproximadamente 2.7 GW fuera de red.<sup>8</sup> La capacidad de concentración solar, por su lado, alcanza los 0.5 GW de capacidad.

En México, prácticamente todos los sistemas fotovoltaicos se encuentran en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica, y muchos de ellos fueron instalados por medio de programas gubernamentales de electrificación rural. Se estima que la capacidad total de estas instalaciones es de 18.5 MW y que generan en promedio 0.032 TJ/año.<sup>9</sup>

Gracias a nuevas regulaciones que hacen posibles las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica, ya existen en México algunos proyectos de este tipo (véase la Ilustración abajo), y hay interés de diversos actores por desarrollar más proyectos, en particular en Baja California. Sin embargo, la viabilidad económica depende fuertemente de los costos de inversión y la tarifa contra la cual el sistema compite.

Por lo que se refiere a la tecnología de concentración solar, existen planes para la construcción de una instalación de este tipo en Agua Prieta, Sonora. Dicha instalación funcionaria en combinación con una central de ciclo combinado de gas natural.

<sup>5</sup> Proyecciones para el año 2010 propuestas por el Banco Mundial, 2006 ([tinyurl.com/wb2006](http://tinyurl.com/wb2006)).

<sup>6</sup> Cifras promedio propuestas por el Banco Mundial, 2008 ([tinyurl.com/draftdoc1](http://tinyurl.com/draftdoc1)). Ver también CONUEE/ GTZ, 2009.

<sup>7</sup> REN21, 2009 ([tinyurl.com/gsr2009](http://tinyurl.com/gsr2009)). Datos de 2008.

<sup>8</sup> Balance Nacional de Energía 2007 ([tinyurl.com/BNE2007](http://tinyurl.com/BNE2007)).

<sup>9</sup> CONUEE/ GTZ, 2009 ([tinyurl.com/NichosFV](http://tinyurl.com/NichosFV)).



Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

### III.3.2.4.-Potencial

La irradiación solar global en México es en promedio de 5 Kw/h/día/m<sup>2</sup>, pero en algunas regiones del país se llega a valores de 6 Kw/h/día/m<sup>2</sup><sup>10</sup>. Suponiendo una eficiencia del 15%, bastaría un cuadrado de 25 km de lado en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy en día el país. Por ello, el potencial técnico se puede considerar prácticamente infinito.

El potencial económico y financiero, sin embargo, se limita a nichos específicos debido a los altos costos de las tecnologías. Para comunidades aisladas de la red eléctrica, el alto costo de extensión de la red implica que la tecnología fotovoltaica sea en la mayoría de los casos la más económica para satisfacer aplicaciones energéticas de alto valor y poco consumo de energía, tales como iluminación y aparatos electrónicos.

Por lo que se refiere a la generación de electricidad en conexión con la red eléctrica, existen nichos de mercado financieramente viables para consumidores residenciales de electricidad de una capacidad de al menos 700 MW<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Mulas et al., 2005 ([tinyurl.com/psuerm](http://tinyurl.com/psuerm)).

<sup>11</sup> CONUEE/ GTZ, 2009 ([tinyurl.com/NichosFV](http://tinyurl.com/NichosFV)). Este potencial fue evaluado para 28 ciudades, sin incluir a la Ciudad de México, y esta basado en un costo de inversión de 7,490 US\$/Kw instalado.

### III.3.3.- RADIACIÓN SOLAR PARA APLICACIONES TÉRMICAS

La radiación solar se aprovecha tradicionalmente para una gran variedad de aplicaciones térmicas tales como la calefacción o refrigeración pasiva de edificios, la producción de sal o el secado de ropa, grano, madera, pescado y carne, en magnitudes que no se han cuantificado. Existen asimismo diversas tecnologías comerciales para el calentamiento de agua u otros fluidos o bien para refrigeración. No se abarcan aquí las tecnologías de refrigeración solar dado que no han alcanzado todavía una etapa de difusión comercial.

#### III.3.3.1.-Tecnología

La principal tecnología para el aprovechamiento térmico de la radiación solar es el calentador solar de agua. Los calentadores solares se dividen principalmente en dos tipos: colectores solares planos y tubos evacuados. Los primeros constan a menudo de una placa metálica que recibe la radiación y que esta soldada a tubos por los que circula el agua, todo colocado dentro de una caja cuya parte superior es de vidrio o de algún otro material transparente. Hay también colectores de bajo costo con tubos de plástico, que se usan para aplicaciones que requieren temperaturas menores, tales como el calentamiento de agua para albercas. Los tubos evacuados constan de tubos metálicos colocados dentro de tubos de vidrio. En el volumen entre ambos tubos se crea un vacío, con el fin de reducir las pérdidas de calor. La mayoría de los calentadores solares cuentan con un tanque aislado en la parte superior. Gracias al principio del termosifón, el agua circula entre el calentador y el tanque sin requerir de ningún mecanismo adicional.

Sin embargo, en algunas aplicaciones se requieren bombas para que circule el fluido. Las eficiencias de los calentadores solares son típicamente del 50%, aunque hay tecnologías con eficiencias mayores.



Calentadores solares de agua



### III.3.3.2.-Costos

Un calentador solar de agua estándar con un tanque de 150 litros con una eficiencia del 50% cuesta actualmente alrededor de US\$1,050.<sup>12</sup> Los costos por unidad de energía dependen del tamaño del sistema y varían entre 1 y 20 US ¢ /Kw/h.<sup>13</sup>

### III.3.3.3.-Estado actual

A finales del 2007 había en el Mundo una superficie instalada de aproximadamente 208 millones de metros cuadrados de calentadores solares de agua, de los cuales correspondían a México un millón de m<sup>2</sup>.<sup>14</sup> Con una generación anual de calor per cápita de 41 MJ, nuestro país se encuentra rezagado en esta materia en comparación de países como Brasil (con 380 MJ), China (con 1,600 MJ) o Israel (con 17,000 MJ) per cápita por año.<sup>15</sup>

### III.3.3.4.-Potencial

Al igual que para el caso del aprovechamiento de la radiación solar para la generación de electricidad, el potencial técnico para el aprovechamiento térmico de la radiación es prácticamente ilimitado. Por ello, el potencial para el desarrollo de esta tecnología depende más bien de la demanda para el calentamiento de fluidos a baja temperatura en los sectores residencial, comercial, de servicios, industrial y agrícola, que se ha estimado en 230 PJ/año, en combustible.<sup>16</sup> Suponiendo que la mitad de esta demanda podría ser satisfecha por calentadores solares de agua, el potencial para el desarrollo de esta tecnología sería de 35 millones de m<sup>2</sup> de colectores solares, que proveerían 115 PJ/año, equivalentes al 2.5% del consumo final energético de México. Todo este potencial es económicamente viable.

<sup>12</sup> Johnson, T.; C. Alatorre, Z. Romo y F. Liu, et al., 2009, México: Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC), Banco Mundial. (en prensa).

<sup>13</sup> REN21, 2008 ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)). Datos de 2007

<sup>14</sup> Weiss et al., 2009 ([tinyurl.com/IEAshw09](http://tinyurl.com/IEAshw09)). Datos para México basados en el Balance Nacional de Energía 2007 ([tinyurl.com/BNE2007](http://tinyurl.com/BNE2007)).

<sup>15</sup> Cálculos realizados a partir de REN21, 2008 ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)) y de IEA, 2008c ([tinyurl.com/kwes08](http://tinyurl.com/kwes08)). Las cifras para estos tres países excluyen los sistemas de calentamiento que no cuentan con cubiertas de cristal y que se utilizan principalmente para albercas.

<sup>16</sup> PROCALSOL, 2007 ([tinyurl.com/Procalsol](http://tinyurl.com/Procalsol))

### III.3.4.-ENERGÍA HIDRÁULICA

### III.3.4.1.-Tecnología

La tecnología más usada en la actualidad para aprovechar la energía del movimiento del agua es la turbina hidráulica. Existen distintos tipos de turbinas; dependiendo de las características de cada sitio (por ejemplo, sitios con gran caída y bajo caudal, o de baja caída y gran caudal), se selecciona el tipo más adecuado. Las turbinas hidráulicas se utilizan por lo general para la generación de electricidad, aunque también pueden impulsar directamente maquinaria industrial. Además de las turbinas, existen otras tecnologías como las ruedas hidráulicas y las bombas de ariete, utilizadas para aplicaciones de pequeña escala tales como el bombeo de agua.



*Pequeña central hidroeléctrica de Las Trojes (8 MW)*

### III.3.4.2.-Costos



Las centrales hidroeléctricas tienen costos relativamente bajos y compiten favorablemente con las tecnologías de energías no renovables. Aunque los costos de inversión varían mucho de un sitio a otro, un valor promedio es US\$2,100/kW,<sup>17</sup> mientras que el costo de la electricidad generada es típicamente de entre 3 y 4 US ¢ /kWh.<sup>18</sup>

### III.3.4.3.-Estado actual

Existe en el Mundo una capacidad hidroeléctrica instalada de 860 GW.<sup>19</sup> En México la capacidad hidroeléctrica instalada es de 11.4 GW, de los cuales aproximadamente 300 MW corresponden a pequeñas centrales de las empresas públicas, y 90 MW a centrales privadas de autoabastecimiento. La generación es de 27,300 GWh/año.<sup>20</sup> La Prospectiva del Sector Eléctrico contempla la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas con una capacidad de 1,224 MW en el transcurso de los próximos 10 años.

### III.3.4.4.-Potencial

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha identificado el potencial hidroeléctrico del país en aquellos sitios con una potencia media mayor de 5 MW. Excluyendo las centrales en operación y en planeación, el potencial identificado es de 39 GW.<sup>21</sup> Este potencial es meramente indicativo, pues falta definir la factibilidad técnica, económica, ambiental y social para muchos de estos proyectos. Se puede suponer sin embargo que por lo menos el 25% de este potencial sea factible.

Existe además un potencial importante en centrales de menor tamaño, pero, con la excepción de un estudio realizado en una región de los estados de Puebla y Veracruz,<sup>22</sup> este potencial no se ha evaluado. De manera muy preliminar se ha estimado que el potencial nacional para pequeñas hidroeléctricas es de alrededor de 3 GW.<sup>23</sup> Al igual que para el caso de la energía eólica, en la medida en que se reconozcan los distintos beneficios de las pequeñas centrales hidroeléctricas, incluyendo su impacto en la mitigación del cambio climático, este potencial será económica y financieramente factible. Existe también un potencial no identificado para la construcción de micro-centrales hidroeléctricas para abastecer de electricidad a comunidades aisladas de la red eléctrica, así como para satisfacer otros servicios energéticos como el bombeo de agua por bombas de ariete.

17 El costo para pequeñas centrales hidroeléctricas es en promedio de US\$2,300/Kw, de acuerdo con el Banco Mundial, 2006 ([tinyurl.com/wb2006](http://tinyurl.com/wb2006)).

18 El costo de la electricidad generada en pequeñas centrales es de entre US ¢4 y 7/kWh, según REN21, 2008 ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)), datos de 2007.

19 REN21, 2009 ([tinyurl.com/gsr2009](http://tinyurl.com/gsr2009)).

20 Datos para 2007 de la Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017 ([tinyurl.com/PSE2017](http://tinyurl.com/PSE2017)) y de la Comisión Reguladora de Energía.

No se incluyen las pocas centrales hidroeléctricas en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica ni las instalaciones para aplicaciones distintas a la generación de electricidad. 29 Cálculos a partir de CFE, 2000.

21 REN21, 2009 ([tinyurl.com/gsr2009](http://tinyurl.com/gsr2009)).

22 CONAE, 1995.

23 Mulas *et al.*, 2005 ([tinyurl.com/psuerm](http://tinyurl.com/psuerm)).

### III.3.5.-BIOENERGÍA

### III.3.5.1.-Tecnología

La bioenergía en sus distintas formas se puede aprovechar en aplicaciones térmicas, para la generación de electricidad o para la producción de biocombustibles líquidos para transporte.

Por lo que se refiere a las aplicaciones térmicas, las tecnologías más usadas en México son los fogones tradicionales de leña, utilizados para cocción y para calefacción en viviendas rurales y de pequeñas ciudades.

Asimismo, la leña se utiliza en microempresas y en pequeñas industrias para la producción de cerámica, ladrillos, pan y otros productos. En las últimas décadas se han desarrollado distintos modelos de estufas y hornos de leña mejorados con el fin de reducir los impactos en la salud que provoca el humo de los fogones tradicionales, así como reducir el consumo de leña.



*Estufa mejorada de leña "Onil", Zinacantan, Chiapas*

La biomasa se utiliza además en varias aplicaciones industriales: la energía contenida en productos de biomasa o derivados de la biomasa tales como el bagazo de caña, el licor negro, el biogás y distintos residuos agrícolas y agroindustriales son utilizados en industrias por medio de calderas y otras tecnologías para la producción de calor y, en algunos casos, electricidad.

Finalmente, la biomasa se utiliza para producir biocombustibles en varios países encabezados por Brasil, Estados Unidos y Alemania. Los principales biocombustibles son el bioetanol (alcohol etílico) y el biodiesel.



Ambos se pueden mezclar en proporciones pequeñas (de menos del 10%) con gasolina y diesel, respectivamente, sin necesidad de hacer adaptaciones en los motores de vehículos modernos. El bioetanol se puede producir a partir de cultivos de azúcar (como la caña, la remolacha y el sorgo dulce), cultivos feculentos (como el maíz y la yuca) y materiales celulósicos. El biodiesel, por su parte, se elabora a partir de diferentes especies oleaginosas, tales como palma de aceite, piñón (*jatropha*) o colza.<sup>24</sup>

### III.3.5.2.-Costos

Las tecnologías para la generación de electricidad y/o calor a escala industrial a partir de la biomasa tienen un costo aproximado de US\$1,500/Kw. Los costos correspondientes de la energía son de entre 5 y 12 US ¢ /kWh para la electricidad, y de entre 1 y 5 US ¢ /kWh para el calor.<sup>25</sup>

Las estufas mejoradas de leña tienen un costo aproximado de US\$150, que incluye los costos de capacitación y de seguimiento.

Finalmente, las plantas de producción de bioetanol y de biodiesel requieren respectivamente de inversiones de US\$390 y \$330 por cada m<sup>3</sup> al año de capacidad. Los costos de producción varían mucho de acuerdo con las circunstancias locales, pero las referencias internacionales sugieren valores de entre 25 y 30 US ¢ / litro para el bioetanol, y de entre 40 y 80 US ¢ /litro para el biodiesel.<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> FAO, 2008 ([tinyurl.com/sofaesp](http://tinyurl.com/sofaesp)).

<sup>25</sup> Cifras para tecnología de madera granulada (*pellets*). Proyección de costos de inversión para generación de electricidad del Banco Mundial, 2006 ([tinyurl.com/wb2006](http://tinyurl.com/wb2006)), y costos de tecnologías térmicas propuestos por Maserá et al., 2006b ([tinyurl.com/biocds](http://tinyurl.com/biocds)). Costos de la energía generada de REN21, 2008 ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)).

<sup>26</sup> Costos de inversión de Johnson et al., 2009 (en prensa). Costos de combustibles de REN21, 2008 ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)). Los costos de combustibles están referidos a litros equivalentes de gasolina y de diesel, de acuerdo con la capacidad calórica. Los datos de bioetanol se refieren al bioetanol de caña de azúcar.

### III.3.5.3.-Estado actual

Las tecnologías modernas de energía de la biomasa satisfacen el 4% de la demanda primaria de energía mundial, en forma de calor, electricidad y combustibles líquidos,<sup>27</sup> principalmente en países desarrollados.



En México el bagazo de caña es, después de la leña, la principal fuente de bioenergía, que se utiliza en ingenios azucareros para la producción de calor y de electricidad para consumo del propio ingenio. Se estima que se aprovechan 100 PJ de bagazo al año, equivalentes al 1.2% de la oferta interna bruta de energía.<sup>28</sup>

Las tecnologías tradicionales de biomasa, por su parte, satisfacen el 6% de la demanda primaria de energía en el Mundo. En México, el uso tradicional de la leña aporta el 3% de oferta interna y el 28% de la energía consumida por el sector residencial en México. Se estima que este combustible es usado por alrededor de una cuarta parte de la población, por medio de fogones tradicionales.

### III.3.5.4.-Potencial

El potencial de la bioenergía en México va mucho más allá del limitado aprovechamiento que se hace de ella en la actualidad. Se calcula que el potencial total es de entre 3,000 y 4,500 PJ/año.<sup>29</sup> Este potencial se divide en combustibles de madera (provenientes de bosques naturales o de plantaciones, o subproductos de la extracción forestal y la industria maderera), agro combustibles y biogás de rellenos sanitarios. A partir de este potencial, sería posible, de manera sustentable:

- Satisfacer las necesidades de energía para cocción y calefacción de la población que actualmente usa leña, por medio de estufas mejoradas.
- Producir carbón vegetal para usos domésticos, pequeños comercios y también para sustituir el uso de coque en la industria siderúrgica.
- Generar aproximadamente 50,000 Gw/ h de electricidad al año a partir de madera en pequeñas centrales eléctricas (20% de la demanda nacional de electricidad).
- Producir bioetanol y biodiesel para satisfacer hasta el 10% de la demanda de gasolina y 5% de la demanda de diesel, respectivamente.<sup>30</sup>

Con la excepción de la producción de biocombustibles, todas estas opciones son actualmente económicamente factibles, en la medida en que se valoren sus ventajas, en cuanto a reducción de impactos en salud por el uso de fogones tradicionales, y reducción de la deforestación por el manejo forestal sustentable.

<sup>27</sup> IEA, 2008d ([www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org)).

<sup>28</sup> Balance Nacional de Energía 2007 ([tinyurl.com/BNE2007](http://tinyurl.com/BNE2007)).

<sup>29</sup> Entre el 35 y el 55% de la oferta interna bruta de energía. Masera et al., 2006b ([tinyurl.com/biocds](http://tinyurl.com/biocds)). Ver también: Masera, 2006 ([Tinyurl.com/pvubbtm](http://Tinyurl.com/pvubbtm)).

<sup>30</sup> Masera, 2006 ([tinyurl.com/pvubbtm](http://tinyurl.com/pvubbtm)).

### III.3.6.-GEOTERMIA

#### III.3.6.1.-Tecnología

La geotermia o calor de la corteza terrestre se puede utilizar para generar electricidad o bien para aplicaciones térmicas como calefacción de interiores, balnearios y procesos industriales o agroindustriales.

Existen cinco tipos de recursos geotérmicos, y cada uno está asociado con tecnologías específicas para su aprovechamiento: (a) hidrotermales, (b) roca seca caliente, (c) geopresurizados, (d) marinos y (e) magmáticos.<sup>31</sup> Los primeros son los que se explotan actualmente en México y en otros países, mientras que los otros cuatro se encuentran en proceso de investigación y desarrollo.

Los recursos hidrotermales se dividen a su vez en recursos de alta entalpia y de baja entalpia. Los primeros se pueden utilizar para la generación de electricidad, mientras que los segundos se utilizan normalmente solo para aplicaciones térmicas.



*Planta Geotermica: Los Azufres, Michoacan*

<sup>31</sup> Mulas *et al.*, 2005 (tinyurl.com/psuerm).

### **III.3.6.2.- Costos**

La geotermia requiere de altos costos de inversión en exploración, perforación de pozos y en la construcción de la central propiamente dicha. Los costos de inversión son de aproximadamente US\$3,800/Kw, y los costos



de la electricidad generada de entre 4 y 7 US ¢ /kWh. Por lo que se refiere a las aplicaciones térmicas de los recursos geotérmicos, sus costos son menores, de entre 0.5 y 2 US ¢ /kWh.<sup>32</sup> Estos costos son competitivos con otras opciones.

### III.3.6.3.- Estado actual

La capacidad de generación de electricidad a partir de recursos geotérmicos en el Mundo es de poco mas de 10 GW.<sup>33</sup> Nuestro país cuenta con aproximadamente la decima parte de esta capacidad - 960 MW – y ocupa el tercer lugar mundial. La Prospectiva del Sector Eléctrico contempla la instalación de 233 MW adicionales en el transcurso de los próximos diez años.<sup>34</sup> Por lo que se refiere a las aplicaciones térmicas, actualmente se concentran mayormente en balnearios de aguas termales, aunque se reportan casos aislados de calefacción de edificios, secado de madera, invernaderos y cultivo de hongos.<sup>35</sup>

### III.3.6.4.- Potencial

Debido al alto costo de la exploración geotérmica, no se ha realizado una evaluación minuciosa del potencial geotérmico en nuestro país. Se han hecho, sin embargo, algunas estimaciones. Por lo que se refiere a las reservas de alta temperatura (aptas para la generación de electricidad), se ha estimado un potencial de alrededor de 12 GW electricos.<sup>36</sup> Las reservas de baja temperatura son mucho más cuantiosas (un estudio, por ejemplo, sugiere una cifra de 45 GWe<sup>37</sup> sumando el potencial de dos regiones en el Centro y Norte del país), lo que implicaría que en estas regiones sería posible aprovechar este potencial prácticamente ilimitado para aplicaciones industriales y residenciales. En suma, el potencial técnico y económico de las aplicaciones eléctrica y térmica no se ha evaluado.

<sup>32</sup> Las cifras se refieren a la tecnología binaria. *Proyecciones de costos de tecnología al año 2010 del Banco Mundial, 2006* ([tinyurl.com/wb2006](http://tinyurl.com/wb2006)). *Costos de la energía generada de REN21, 2008* ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)).

<sup>33</sup> *REN21, 2009* ([tinyurl.com/gsr2009](http://tinyurl.com/gsr2009)).

<sup>34</sup> *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017* ([tinyurl.com/PSE2017](http://tinyurl.com/PSE2017)).

<sup>35</sup> *Mulas et al., 2005* ([tinyurl.com/psuerm](http://tinyurl.com/psuerm)).

<sup>36</sup> *Mercado (1976) propone un potencial de 13 GW, mientras que Alonso (1985) sugiere una cifra de 12 GW, divididos del siguiente modo: reservas probadas, 1.3 GW, probables 4.6 GW y posibles 6 GW.*

<sup>37</sup> *Mercado et al., 1985.*

## III.3.7.-OTRAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA AÚN NO DESARROLLADAS MÉXICO.

### III.3.7.1.-ENERGÍA OCEANICA.



Los océanos representan un recurso de energía renovable (ER) extraordinario, pero hasta ahora sin explotar. Éste se presenta básicamente en forma de mareas, olas, corrientes y gradientes térmicos y salinos.

Después de algunas décadas de investigación y desarrollo en nuevas tecnologías, la utilización de este recurso está a punto de volverse realidad, con la próxima instalación de dispositivos de energía del oleaje. De acuerdo con los programas de los fondos nacionales e internacionales dedicados a las ER, se espera una inversión de más de 300 millones de dólares en la investigación y desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de la energía del océano.

Las últimas pruebas hechas a los dispositivos piloto han demostrado que esta tecnología tiene que avanzar rápidamente, en cuanto a los sistemas mismos y a mayores estándares de los componentes, a fin de mejorar su fiabilidad y funcionamiento en diferentes aplicaciones, lo mismo que en lo relativo a sus aspectos ambientales y a su conexión a las redes de distribución eléctrica.

En este campo, la Unión Europea es la que más ha avanzado en ciencia y tecnología, tal como lo establecen las directrices plasmadas desde su VI Programa Marco de I&DT lanzado en 2002, a realizar por el Grupo de Acciones Coordinadas en Energía del Océano. En este plan, el trabajo está orientado a desarrollar desde el conocimiento base hasta la fase de demostración tecnológica, con el fin de avanzar en una siguiente etapa a su aplicación y comercialización.

### ***Situación en México***

México no tiene una política específica para la energía del océano, sino que ésta se ubica dentro de las existentes para fomentar las ER. No obstante, existen avances en esta materia, gracias a la iniciativa de instituciones de investigación como la UNAM y de su interrelación con universidades y gobiernos internacionales.

La Comisión Federal de Electricidad, por su parte, está trabajando en un proyecto de energía de oleaje, en Rosarito, Baja California, para fines múltiples: generación eléctrica, desalinización o una combinación de ambos. Se tiene un cierto nivel de coordinación, consultoría y administración por parte de DEFAESA (Desarrollo de Fuentes Alternas Energéticas, S.A. de C.V.) y su representada Oceanlinx (empresa australiana líder en el aprovechamiento de energía del océano que patentó la tecnología OWC: Oscillating Water Column (oscilación de columna de agua). Esta compañía asesora en la selección del sitio adecuado, además de asegurar el buen funcionamiento de su tecnología y la mejor metodología para instalar exitosamente el dispositivo diseñado en función de los requerimientos específicos de la ubicación.

La tecnología de Oceanlinx consiste en una cámara que comprime aire con el movimiento de ascenso y descenso del oleaje, el cual impulsa una turbina de reacción para producir electricidad. Una unidad simple puede generar entre 0.1 MW hasta 1.5 MW, dependiendo de las condiciones del sitio y de la demanda a satisfacer. La capacidad de cada unidad se fabrica en función de cada escenario y necesidad, sea la relacionada con el consumo o con las características de la red a la que se conecta.

Un desarrollo en México es un dispositivo para aprovechar el movimiento del oleaje, el cual consta de un grupo de 20 células hexagonales que contienen los mecanismos para transformar el oleaje en energía mecánica y ésta a su vez en eléctrica. Cada célula está integrada por un flotador que se desplaza verticalmente al paso de las olas, guiado por las paredes de las células y un vástago central, accionando un sistema de engranes por medio de una cremallera colocada a lo largo del eje. En las pruebas este dispositivo trabajó satisfactoriamente, por lo que es probable que la CFE y el Instituto de Ingeniería de la UNAM trabajen conjuntamente para impulsarlo.

En el Instituto de Ciencias de Mar y Limnología se está desarrollando una bomba de agua de mar. Se trata de un dispositivo que comprime aire para sincronizar el movimiento de ascenso y descenso del oleaje dentro de una cámara de resonancia y de esta manera hacer fluir el agua de un lado de la costa hacia una laguna costera



o estero. La idea fundamental del dispositivo es el saneamiento de este tipo de cuerpos de agua por medio de agua de mar sin consumo de energía eléctrica.

El proyecto de la UNAM está desarrollando dos dispositivos de conversión de energía marina a eléctrica. Uno aprovecha el calor de las ventilas submarinas, de las cuales México tiene gran potencial en el Golfo de California. Se trata de una turbina de ciclo binario, en la cual el fluido de trabajo pasa de líquido a vapor en un intercambiador colocado en la ventila.

El otro es un hidrogenerador, que aprovecha las corrientes marinas; esta tecnología se clasifica dentro de los dispositivos flotantes de eje vertical y flujo conducido, el cual tiene una carcasa que aloja dos rotores y que orienta el flujo convenientemente sobre sus alabes para aumentar el torque, y además cuenta con dos concentradores tipo venturi para incrementar la velocidad del flujo y captar más energía.

### **Acciones**

#### *Líneas de I&DT específicas para su implantación en los próximos 10 años en México*

La I&DT en el campo de la energía oceánica debe iniciar con la evaluación del recurso y con el avance del conocimiento de las diferentes formas de aprovechar la energía del océano, a fin de poder definir una estrategia de desarrollo específica a esta fuente renovable. Es importante también incrementar sustancialmente los recursos humanos existentes.

- De manera más específica se debe:
- Realizar mediciones y aplicar modelos numéricos para la evaluación precisa del recurso.
- Fortalecer los grupos de I&DT existentes, a través de dotarlos de recursos suficientes para alcanzar en el corto plazo su masa crítica de desarrollo.
- Incursionar en la I&DT de las distintas tecnologías: a) de mareas: turbinas de eje horizontal, vertical y laminar, y otras; b) de las olas: sistemas de columna de agua oscilante de tipo terrestre, cerca de la costa, flotantes; c) sistemas absorbedores: puntuales, multi-puntos, flotador direccional; d) dispositivos de péndulo invertido, etc.
- Estudiar la afectación a la zona costera y a los procesos físicos: hidrodinámica, arrastre de sedimentos, comportamiento ante eventos extraordinarios etc.
- Determinar las metodologías para la ubicación adecuada de sitios y las medidas de mitigación de los impactos ambientales adversamente potenciales.
- Fortalecer la colaboración interinstitucional, nacional e internacional, a fin de favorecer la transferencia tecnológica y con ello el desarrollo autóctono.

### **III.3.7.2.-ENERGIA NUCLEAR**

La energía nuclear se obtiene de las reacciones nucleares de fusión o fisión nuclear. En la fusión dos núcleos atómicos muy ligeros se unen (se fusionan) y en la fisión un núcleo atómico muy pesado es dividido



(fisionado) cuando un neutrón con cierta energía lo golpea. En ambos procesos la masa de los reactivos es superior a la de los productos por lo que se libera una gran cantidad de energía.

### **Energía nuclear de fisión.**

Hasta ahora sólo la fisión ha sido desarrollada a nivel comercial, esencialmente para la generación de electricidad -aunque es también factible utilizarla en forma de energía mecánica (por ejemplo en aplicaciones de propulsión) o en forma de energía térmica (por ejemplo en procesos que requieren de calor como en desalación de agua y producción de hidrógeno).

La principal característica de este tipo de energía es su alta densidad energética, es decir, la cantidad de energía por unidad de masa del material utilizado es muy superior al de cualquier otro tipo de fuente fósil o renovable.

Su otra característica sumamente destacable es que no produce gases de efecto invernadero.

Para poder producir las reacciones de fisión y aprovechar la energía liberada se utiliza un reactor nuclear, en el que se logra mantener una reacción de fisión en cadena de manera controlada y se extrae la energía en forma útil.

La tecnología de los reactores nucleares ha ido evolucionando, y actualmente están en funcionamiento mayoritariamente los reactores de la Generación II.

Los de la Generación I son los primeros reactores prototipo que empezaron a operar a finales de los años cincuenta y los sesenta. Recientemente empezaron a construirse y a entrar en operación los reactores de la Generación III, los cuales son versiones avanzadas, con mejoras tecnológicas sobre los reactores de la Generación II. A nivel de investigación y desarrollo, la comunidad internacional está trabajando en el diseño de los reactores de Generación IV.

El énfasis, en estos nuevos reactores y sus ciclos de combustible, está dirigido a cumplir con los criterios de mejoramiento de la economía, la seguridad, la confiabilidad, la sustentabilidad y la no proliferación.

A raíz de los accidentes de Three Miles Island (EUA en 1979) y sobre todo de Chernobil (en la entonces Unión Soviética, en 1986), esta fuente tuvo un freno importante en su crecimiento. Sin embargo, únicamente se han tenido estos dos accidentes en más de 438 reactores comerciales en 50 años de operación comercial. Actualmente, con la necesidad imperante de combatir el cambio climático y de satisfacer la seguridad energética, la energía nuclear está volviendo al escenario, con mejoras en diversos aspectos y en particular en los relativos a la seguridad.

La energía nuclear de fisión para la producción de electricidad representa una tecnología madura, con más de 13,500 años-reactor de experiencia de operación. Participa con el 15% de la generación eléctrica mundial y cerca del 5% en México. Sus costos son competitivos con las otras tecnologías de producción eléctrica y en muchos países es la opción de más bajo costo; además de que es de las pocas tecnologías que internalizan sus costos ambientales en el valor unitario nivelado de generación, al incluir en él las erogaciones por el tratamiento de sus residuos y el desmantelamiento de la central al término de su vida útil. Asimismo, es una de las fuentes de energía que tiene las más bajas emisiones, en la fase de generación y utilización eléctrica<sup>36</sup>, con lo que se han evitado emisiones importantes de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

A nivel mundial, las condiciones ambientales actuales son favorables para la generación nuclear, lo que se ha traducido en que actualmente existan 50 reactores en construcción, que representan 45,538 MWe y 137 más ordenados o planeados, equivalente a 151,185 MWe. Observando la prospectiva de construcción de este tipo de centrales a nivel mundial, la producción y comercialización de uranio volverán a ser actividades estratégicas.

Con el fin de mejorar la seguridad, la confiabilidad y el carácter sostenible de esta fuente de energía, la I&DT se centra en tres temas dominantes:



- a) Reactores avanzados y ciclos de combustible.
- b) Tratamiento de residuos.
- c) Soporte para la operación segura de las centrales nucleares.

De manera más específica, las áreas en estudio son: Ciencias Nucleares, Seguridad Nuclear, Manejo de Desechos Radiactivos, Protección Radiológica, Valoración de Impactos Ambientales, Análisis de costos de generación eléctrica y de Toma de Decisiones, Planeación Energética y Exploración y Minería de Uranio.

### *Situación en México*

Actualmente, en el país, las principales actividades en el campo nuclear están relacionadas con la operación de la central de Laguna Verde<sup>40</sup> (bajo la gestión de CFE), la I&D que se realiza en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), las actividades regulatorias de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), y la formación de recursos humanos y actividades de I&D que se llevan a cabo en las Instituciones de Educación Superior.

La formación de recursos humanos no sólo no se ha fortalecido, sino que incluso se ha reducido, dado que al reestructurarse los posgrados en el IPN y en la UNAM, los programas en ingeniería y ciencias nucleares desaparecieron como tales. A nivel licenciatura no existe un programa de ingeniería nuclear, como los que se ofrecen en otros países, y solamente existen cuatro programas de formación relacionada con la ingeniería nuclear en la UNAM, el IPN, la UAM-Iztapalapa y la Universidad Veracruzana. A nivel de posgrado existen programas relacionados con el área nuclear, dentro de programas de ingeniería y ciencias afines en la UNAM, el IPN, la Universidad Autónoma del Estado de México, y la Maestría en Ciencias Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Con el crecimiento del interés en los impactos ambientales, se ha implantado el monitoreo de las emisiones radiactivas de Laguna Verde (CNLV), y se analiza su alcance y efectos. La exploración y explotación del uranio son actividades desaparecidas desde 1983, por diversas razones asociadas a la situación de esa época. Y en cuanto a la planeación estratégica, base para definir la aportación de cada una de las fuentes a la matriz energética, desafortunadamente no es una práctica que se tenga en el país, dado que, en general, los tomadores de decisión no consideran los resultados que arrojan los modelos utilizados en dicha planeación, para definir las características de la diversificación, que darían paso a la energía nuclear.

### *Líneas de I&DT específicas para su implantación en los próximos 10 años en México*

El desarrollo de la energía nuclear de fisión en el país debe partir de un plan nacional y sectorial que contemple esta fuente de energía. De darse esta posibilidad, en tal planificación deben participar especialistas en el tema de los sectores público, privado y académico; es decir, de instituciones como: SENER, CFE, CNSNS, ININ, IIE, UNAM, IPN, UAM, UAZ y UAEM, en adición a las dependencias gubernamentales vinculadas con el presupuesto (SHCP) y con la C&T (CONACYT).

De este plan deben salir las definiciones en cuanto a: tipo de tecnología de reactores nucleares, capacidad total y unitaria a instalar, sitio de emplazamiento, capacitación de recursos humanos, estrategia para la obtención del combustible (nacional o importado), manejo y destino de los residuos, promoción de industrias vinculadas, entre las principales.

De esta manera, y de impulsarse nuevamente la energía nuclear, la I&DT a realizarse en los próximos diez años se propone se dé en 2 fases, a ejecutarse en paralelo: una, la abocada a la asimilación de tecnología y la otra a establecer colaboraciones internacionales para el desarrollo de los sistemas nucleares más avanzados.



En la primera, se debe trabajar en investigación aplicada y desarrollo tecnológico, en los campos vinculados a la tecnología seleccionada de los próximos reactores nucleares que se deben instalar en el país, a través de contratos de transferencia de tecnología.

En la otra fase, se debe promover también la investigación básica que permita al país no sólo acelerar su capacidad de absorción tecnológica, sino que, en el mediano plazo, contar con una tecnología propia, al menos parcial, de reactores nucleares, y en algunos segmentos del ciclo de combustible. Esto, igualmente puede realizarse mediante convenios de colaboración con instituciones internacionales.

Dicha cooperación es altamente factible, en la medida que, teniendo la industria nuclear el carácter de multinacional, los proyectos de I&DT se pueden coordinar bajo el marco de la Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, de las cuales México es miembro.

Para llevar a cabo esta estrategia en dos etapas, se plantean las siguientes áreas de I&D:

### 1. Ciencias nucleares:

- Física de reactores.
- Diseño y optimización de combustible.
- Ciclos de combustible avanzados: torio, plutonio, actínidos menores.
- Fraccionamiento y transmutación.
- Protección radiológica.
- Materiales.

### 2. Seguridad de reactores “convencionales” y avanzados:

- Termohidráulica.
- Dinámica de fluidos.
- Análisis de transitorios operacionales, accidentes severos y estabilidad.
- Análisis probabilístico de seguridad.
- Factores humanos.
- Instrumentación y control.

### 3. Ingeniería de sistemas y del ciclo de combustible:

- Planeación energética y análisis de toma de decisiones.
- Cogeneración: hidrógeno, desalación, industrial y propulsión.
- Exploración y explotación del uranio.
- Procesamiento y acondicionamiento de residuos radiactivos.
- Disposición final de residuos de mediano y bajo nivel.
- Disposición final del combustible gastado.

Esta estrategia debe darse en un marco de promoción y de aprovechamiento de los recursos nacionales, sean de los especialistas que conformen la masa crítica inicial necesaria para reiniciar la industria nuclear en el país, como los naturales: los minerales de uranio y torio que deben explotarse nacionalmente y con criterios sostenibles; igualmente se debe fomentar el potencial de la industria nacional. Esto debe partir del reforzamiento de la enseñanza en el campo nuclear, de los institutos de investigación del sector (ININ e IIE) y del organismo regulador, la CNSNS.

## Energía nuclear de fusión



La fusión nuclear consiste en unir núcleos ligeros, de modo que la suma de las masas de los núcleos resultantes es menor que la de los originales.

En el Sol y las estrellas, por ejemplo, se realiza este proceso, generando helio y otros elementos, partiendo de hidrógeno como combustible primigenio. De esta forma se producen calor, luz y otras radiaciones. La diferencia de masa se libera como energía, la cual varía en función del tipo de núcleos utilizados. Dicha energía generada obedece a la fórmula  $E=mc^2$ , donde 'm' es la diferencia de masa antes y después de la fusión y 'c' es la velocidad de la luz ( $299.8 \cdot 10^6$  m/s). La fusión sólo pueda darse en condiciones de temperatura y densidad muy elevadas, que permitan vencer la fuerza de repulsión entre los núcleos. Se presenta estando los compuestos en estado de plasma, es decir, cuando los electrones se han "separado" del núcleo. El conocimiento y el manejo del plasma es uno de los principales desafíos de la fusión nuclear.

Tomando en consideración una de las clasificaciones de las alternativas energéticas; aquellas cuya tecnología es bien conocida y accesible sin un nivel elevado de desarrollo, las que requieren de un nivel mínimo de desarrollo (como la energía nuclear y algunas variantes de la energía solar), y las que están más allá del desarrollo (en estado de investigación y cuya tecnología aun no es madura), la fusión nuclear pertenece a ésta última. Mientras las fuentes alternativas de los dos primeros casos corresponden a tecnologías bien desarrolladas que se ofrecen ya en el mercado mundial; contrariamente, la fusión nuclear está todavía lejos de alcanzar su madurez, aun cuando el tiempo dedicado a su investigación y desarrollo ha sido largo. Si bien en la actualidad no se puede prever cuando se tendrá una planta de energía basada en este concepto, existe una inversión considerable en su investigación por parte de los países industrializados, así como de economías emergentes como

Brasil, China, Corea del Sur e India, debido a que se le vislumbra como una solución energética a largo plazo, que podrá aprovechar la abundancia de su combustible principal: el deuterio, isótopo natural del hidrógeno, presente en el agua de mar, y el litio, abundante en la corteza terrestre.

Actualmente sólo se cuenta con reactores experimentales de fusión, pero el gran interés en esta tecnología ha llevado a la decisión de construir el International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), con un costo aproximado de 5 mil millones de euros, con la participación principal de la Unión Europea, en asociación con Corea del Sur, China, EUA, la Federación Rusa, la India y Japón. El plazo previsto para el desarrollo de una primera planta prototipo, denominada DEMO, es de 30 a 40 años.

Estos plazos tan largos se deben a diversas causas:

- 1) Para poder realizar experimentos de plasmas en combustión<sup>41</sup> ( $Q > 5$ ) es necesario construir la siguiente generación de reactores. Sin realizar los experimentos correspondientes se ignora en qué medida aparecerán fenómenos nuevos cuando se alcancen los parámetros que requiere un reactor de fusión.
- 2) Sin contar con un reactor en el que se tengan flujos de neutrones rápidos comparables con los de una planta generadora de energía, no se tienen todavía las condiciones necesarias para probar los conceptos de transferencia de energía para generar electricidad.
- 3) Por razones semejantes, aun se está resolviendo el problema de los materiales necesarios para la primera pared del reactor, que estará sujeta a un elevado flujo de calor y de neutrones, y por tanto su activación debe ser baja.

<sup>41</sup> Se denomina plasma de combustión al momento en que el calentamiento proporcionado por las reacciones de fusión en el plasma es mayor que el de fuentes externas.



4) La fecha prevista para el primer plasma del ITER es en el 2018 y lo más probable es que no se estudien plasmas en combustión ( $Q > 5$ ) antes de 2023; la única posibilidad de que esto ocurra, es que paralelamente a ITER, se instrumenten proyectos como IGNITOR completamente enfocado a alcanzar ignición en el corto plazo.

### *Situación en México*

A la fecha, es muy reducido el número de científicos nacionales abocados a este campo; las principales actividades se desarrollan en la UNAM (Instituto de Ciencias Nucleares), en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), y en el CICATA del IPN en Querétaro. Estos grupos han establecido una red con el propósito de realizar investigación teórica y experimental de problemas de equilibrio, estabilidad y transporte de plasmas confinados magnéticamente, estudiándose en particular los mecanismos que permitan mejorar el confinamiento de plasmas en aparatos de confinamiento toroidal, como son los tokamaks y los stellarators. Recientemente se están instrumentando experimentos para simular las condiciones que se presentan en borde del reactor para realizar estudios de materiales.

### *Líneas de I&DT específicas para su implantación en los próximos 10 años en México*

Con objeto de promover la I&D en fusión nuclear en el país, se plantean las siguientes acciones:

- Diseñar y construir un reactor de tamaño pequeño, acción medular que permita habilitar todas las otras líneas de investigación vinculadas a la energía de fusión, aparte de promover la consolidación de la comunidad científica nacional y cumplir adicionalmente con el requisito indispensable de establecer colaboraciones internacionales.
- Definir los objetivos científico-tecnológicos, preferentemente enfocados a abordar problemas aún no resueltos, consiguiendo de esta manera una contribución relevante en el campo.
- Optimización del diseño en función de las limitantes tecnológicas, económicas y de recursos humanos.
- Construir infraestructura dedicada, v.g. cañón coaxial de plasma intenso capaz inyectar un plasma de alta temperatura y hacerlo incidir en un material o dispositivo de prueba (ya se han iniciado esfuerzos con un cañón de tamaño pequeño: Proyecto CONACYT CB-2007-84176).
- De estas líneas de investigación globales pueden definirse actividades específicas:
- Diseño de sistemas electromagnéticos pulsados de alta potencia basados en conductores convencionales y superconductores de baja y alta temperatura.
- Diseño mecánico y análisis estructural de esfuerzos.
- Diseño de sistemas de control de potencia.
- Estudios sobre la supresión de turbulencia en plasmas confinados magnéticamente.
- Estudio de materiales en su interacción con plasmas de alta densidad y con alto flujo de calor.
- Estudio de sistemas híbridos fisión/fusión: avanzar en los conceptos teóricos de aplicación de sistemas de fusión nuclear para la producción de material fisionable (aún no explorado experimentalmente), basados en el hecho de que los sistemas de fusión son fuentes ricas en neutrones energéticos que pueden tener aplicaciones muy diversas: cría de combustible, transmutación de desechos radiactivos de vida media larga, operación de ensambles subcríticos para aplicaciones de potencia, entre otras.
- Diagnósticos para plasmas de alta temperatura: reflectometría de microondas, campo en el que se ha adquirido gran experiencia mediante colaboraciones internacionales como la establecida con Brasil (investigación en su tokamak TCABR), Portugal (reactor experimental ISTTOK) y Rusia (T-10).



Hasta el momento, las colaboraciones internacionales se han restringido al trabajo en modelación de los plasmas de reactores experimentales extranjeros, por lo que la construcción de un equipo doméstico permitirá explorar nuevos regímenes de plasma y verificar la validez de sus códigos, generando una sinergia entre el modelado computacional y los resultados experimentales.

Así, los grupos mexicanos tendrán una contribución más relevante en el conocimiento y facilitará su paso a participar en reactores de fusión avanzados.

### III.3.7.3.-ENERGIA DEL HIDROGENO.

El hidrógeno como combustible ha recibido una gran atención en los últimos años, debido a sus características favorables en términos del carácter sustentable que significa su obtención y su uso, incluyendo a partir de energías renovables y una infinidad de materias primas también renovables. Ya que no existe libre en la naturaleza, su obtención al igual que el petróleo y los productos refinados de éste (e.g. gasolinas, GLP, etc.), requiere inversión de recursos. Su alto contenido energético por unidad de masa (120MJ/Kg, el más alto de los combustibles conocidos) lo hacen muy atractivo.

Adicionalmente, su uso para generación de electricidad en dispositivos de conversión de energía como las celdas de combustible, permiten un mejor aprovechamiento del contenido energético, debido a la alta eficiencia de conversión

(40%-75% según tipo de celda). Por si esto fuera poco, cuando el hidrógeno es empleado como combustible para generar electricidad (la forma más práctica de utilizar la energía), las emisiones son exclusivamente vapor de agua y calor, un subproducto susceptible de aprovecharse para incrementar aún más la eficiencia del uso de hidrógeno como combustible. Por todo lo anterior el hidrógeno, así como su alta compatibilidad con energías e insumos renovables, es hoy en día un candidato muy atractivo para sistemas energéticos eficientes, limpios y sustentables.

#### *Producción de H<sub>2</sub> con fuentes renovables*

Existen diferentes métodos de producción de hidrógeno sin la utilización de hidrocarburos (siendo el más comercial la electrólisis del agua), los cuales van ganando importancia en el mundo debido a las mínimas emisiones de contaminantes.

**Electrólisis.** Usando energía eléctrica proveniente ya sea de una central nuclear, solar, eólica ó geotérmica, la electricidad es suministrada a un electrolizador para extraer el hidrógeno del agua, descomponiéndola en oxígeno e hidrógeno. Este método no es muy eficiente actualmente en relación al costo-beneficio (técnicamente sí lo es), en comparación con reformación de metano, pero puede permitir la generación del hidrógeno mediante energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. Este método está ampliamente desarrollado.

**Fotoconversión.** Por este método, se utilizan organismos biológicos (bacterias o algas) ó semiconductores que absorben luz solar, descomponen el agua y producen hidrógeno. A través de sus funciones metabólicas normales algunos organismos biológicos producen naturalmente hidrógeno; los semiconductores producen hidrógeno mediante la generación de una corriente eléctrica que descompone el agua.



**Termoquímica.** Este método utiliza calor para producir hidrógeno a partir de la biomasa y desechos sólidos. Una tecnología a partir de pirólisis usa calor para licuar biomasa. Se usa vapor para producir hidrógeno a partir del biocombustible resultante, en un proceso conocido como reformado de vapor.

**Procesos foto electroquímicos.** Este proceso usa dos tipos de sistema electroquímicos. Uno usa complejos metálicos solubles como catalizadores, mientras que el otro usa superficies semiconductoras. Cuando el complejo metálico se solubiliza, el complejo absorbe energía solar y produce una carga eléctrica que conduce a la reacción de descomposición del agua. Este proceso imita a la fotosíntesis.

Así, existe una gran variedad de métodos por los cuales se puede producir hidrógeno. La elección individual o combinación de los mismos dependerá del costo/beneficio. Su compatibilidad en la mayoría de los casos con tecnologías de energía renovable hace del H<sub>2</sub> un elemento flexible y conveniente para integrar sistemas energéticos sustentables y 100% renovables.

### **Aplicación de hidrógeno**

Las aplicaciones del hidrógeno como combustible se encuentran principalmente en la generación de energía eléctrica a través del uso de celdas de combustible. La combustión de H<sub>2</sub> también se ha considerado (aunque en mucho menor grado) para transporte y generación de electricidad). Las áreas de oportunidad en donde es posible plantear proyectos de investigación y desarrollo a corto plazo son: Investigación y desarrollo de celdas de combustibles de baja, mediana y alta temperatura empleando hidrógeno y otros combustible aprovechando la alta eficiencia de conversión de energía, evaluación de las posibles aplicaciones de hidrógeno como combustible alternativo y limpio en sistema de combustión interna, a pesar de ser la combustión menos eficiente que su conversión electroquímica vía celdas de combustible.

### **Situación en México**

En el país la mayor parte de las actividades de investigación y desarrollo son realizadas en instituciones académicas y de investigación, mediante recursos propios ó a través de proyectos tipo CONACYT. Existe cada vez más interés por realizar I&D en temas asociados al hidrógeno, desde su producción hasta su uso final en dispositivos de celdas de combustible y en ocasiones para combustión de este gas. Instituciones dedicadas a ello incluyen entre otros al IPN (CINVESTAV, ESIME), al Instituto de Investigaciones Eléctricas, al ININ e IMP, algunos centros CONACYT (CIDETEQ, CICY, CIMAV y otros), UNAM (los Institutos de Materiales, el de Biotecnología y el de Ingeniería, así como la Facultad de Química e Ingeniería), otras Universidades

Estatales (UAEP, Q.Roo, UAEMor, UAEMex, UAZ), instituciones tecnológicas (CENIDET, ITCancún, UAEZ, ITO), otras universidades privadas (UAM, ITESM). A pesar del creciente interés, la infraestructura para la I&D de tecnologías del hidrógeno en México es muy limitada, al igual que la disponibilidad del recurso humano disponible para ello.

Sin embargo, existen comunidades con interés común de impulsar el uso del hidrógeno, destacando la Sociedad Mexicana del Hidrógeno (SMH<sub>2</sub>) con casi 10 años de actividades ininterrumpidas, las que han incluido congresos técnicos, foros de discusión, visitas industriales y cursos de tecnologías del hidrógeno para la formación de recursos humanos. La participación de algunas industrias privadas ha sido limitada prácticamente a aquellas dedicadas a la comercialización de este gas (i.e. Linde, Praxair, Cryoinfra) y otras asociadas al ramo (TotalEnergy).



En México existe una comunidad extensa y organizada que realiza desde hace varios años investigación y desarrollo en temas asociados al hidrógeno.

Por ello se propone que para promover la generación de oportunidades más tangibles en este tema, se desarrollen proyectos en tres niveles importantes: proyectos de ciencia aplicada, proyectos para el desarrollo de prototipos y finalmente proyectos para la integración de sistemas.

*Línea 1.- Desarrollo de proyectos de ciencia aplicada particularmente para el desarrollo de materiales y componentes para tecnologías de hidrógeno (producción, almacenamiento y usos finales)*

*Línea 2.- Desarrollo de Prototipos de dispositivos asociados a tecnologías del hidrógeno (producción, almacenamiento, celdas de combustible)*

*Línea 3.- Integración de Sistemas de Energía de hidrógeno*

La introducción del componente hidrógeno en sistemas de fuentes renovables de energía asistirá en la generación de ingeniería de sistemas 100% renovables y sustentables agregando sistemas de almacenamiento de energía en forma de H<sub>2</sub> para su uso posterior cuando no se cuente con el recurso intermitente.

Los sistemas futuros de energía son previstos como sistemas con más de una tecnología por lo que el manejo de energía y recurso energético es un reto técnico que requiere ser superado. Estos proyectos requieren gasto de inversión y corriente pero significa oportunidades de desarrollo de knowhow y estimulación en el uso de fuentes renovables de energía. Estos sistemas pueden aprovecharse para la formación de recursos humanos además de la formación de especialistas. Estos proyectos deberán estar encaminados a mejorar la eficiencia del sistema integrado, factor de planta y costo del producto, mediante la optimización de componentes incluyendo en la etapa del diseño, así como mediante el eficiente y óptimo manejo de la energía proveniente de diversas fuentes (filosofía de hibridación).

### **III.4.-ESTRATEGIAS QUE SUSTENTEN LA SEGURIDAD ENERGETICA PARA EL CASO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.**

#### **III.4.1.-LAS POLÍTICAS PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO**

##### **El triple objetivo de las políticas.**



Las políticas para la promoción de las energías renovables en el Mundo buscan un triple propósito: En primer lugar, buscan reconocer y valorar los beneficios de las energías renovables. Muchos de estos beneficios no son actualmente valorados, y en ese sentido se pueden considerar *externalidades que deben ser internalizadas*.<sup>1</sup>

En segundo lugar, las políticas buscan adaptar los sistemas y mercados energéticos a las particularidades de las energías renovables. Los sistemas y mercados de energía actuales fueron diseñados para funcionar con energías no renovables. Se requieren instrumentos específicos de política pública para adaptarlos a las características de las energías renovables.

En tercer y último lugar, las políticas tienen el objetivo de fomentar el flujo de información. La falta de información sobre los potenciales, sobre las características de las tecnologías, sobre sus costos y beneficios a la sociedad, etcétera, aumenta los riesgos percibidos y, por lo tanto, los costos de las energías renovables. Un mayor acceso a la información permite reducir los riesgos y costos.

### **Prioridades de las políticas públicas que sustenten la seguridad energética para el caso de las energías renovables.**

De los tres propósitos antes enumerados se desprenden las características que deben tener las políticas para el fomento de las energías renovables:

- Las políticas deben permitir la participación de actores de pequeña escala en los mercados energéticos. Debido a la dispersión geográfica de las fuentes de energía, los proyectos de energías renovables son, en la mayoría de los casos, de escala menor que los proyectos de tecnologías convencionales.
- En virtud de lo anterior, así como de los altos costos de inversión requeridos, es necesaria la participación de actores privados (individuos y empresas) en el financiamiento, la ejecución y la operación de los proyectos de energías renovables. Asimismo, muchos de estos proyectos están ligados a otros procesos productivos y otros usos del territorio, por lo que las políticas deben permitir la participación de los actores involucrados.

<sup>1</sup> Las externalidades son impactos positivos o negativos que genera la provisión de un bien o servicio y que afectan a una tercera persona. Las externalidades ocurren cuando los costos o beneficios privados a los productores o compradores de un bien o servicio son diferentes de los costos o beneficios sociales totales que involucran su producción y consumo.

- Debido a los altos costos de inversión requeridos, es particularmente importante que las políticas ofrezcan una certidumbre de largo plazo y garanticen procedimientos administrativos sencillos y transparentes, para así reducir los riesgos (y por lo tanto los costos) del desarrollo de proyectos.
- La dimensión territorial de los proyectos de energías renovables implica por su parte la necesidad de que la certidumbre y la simplificación administrativa se den también en el plano de los instrumentos de política relacionados con el ordenamiento del territorio, a nivel federal, estatal y municipal.



- Las políticas públicas deben establecer mecanismos que permitan valorar los distintos beneficios de las energías renovables. Para ello, la experiencia internacional muestra la necesidad de establecer mecanismos de incentivos financieros. Entre los distintos mecanismos utilizados en el Mundo, los más efectivos han sido los sistemas de precios predefinidos por Kw/h, gracias a que crean una certidumbre que permite reducir al mínimo los riesgos de los proyectos, sobre todo aquellos de pequeña escala.<sup>2</sup>
- Para el caso de los sistemas eléctricos, las políticas<sup>3</sup> deben establecer procedimientos para ajustar la planeación y operación de dichos sistemas a nuevos patrones de generación más distribuida y a tecnologías variables de generación.

<sup>2</sup> Los sistemas de tarifas predefinidas se conocen como *feed-in tariff systems*. Ver *International Feed-in Cooperation*, 2009 ([www.feed-in-cooperation.org](http://www.feed-in-cooperation.org)); Bode y Groscurth, 2008 ([tinyurl.com/5jye5u](http://tinyurl.com/5jye5u)); REN21, 2008 ([tinyurl.com/gsr2007](http://tinyurl.com/gsr2007)); IEA, 2008a ([tinyurl.com/acq8ok](http://tinyurl.com/acq8ok)).

<sup>3</sup> *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* ([tinyurl.com/cpdleum](http://tinyurl.com/cpdleum)).

### **III.5.-ACCIONES INMEDIATAS EN EL USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA PARA EL COMPLEMENTO EN LA SEGURIDAD ENERGETICA.**

#### **III.5.1.-Contribución a la soberanía energética.**

Nuestro país ha sido un importante exportador de energía, principalmente en forma de petróleo crudo, desde los años setenta. Sin embargo, en la actualidad la producción de crudo está disminuyendo, sobre todo debido a

la declinación de Cantarell, el principal campo petrolero del país, mientras que las importaciones de gas natural, gasolinas, carbón y otros productos petrolíferos están aumentando. En el 2007, el valor económico de las importaciones de combustibles fósiles supero el 40% del valor de las exportaciones y este porcentaje sigue aumentando. La participación de las energías renovables permitiría conservar nuestros recursos no renovables y, por lo tanto, posponer el posible momento en que el país se convierta en importador neto de energéticos. De este modo contribuyen a una mayor soberanía energética, es decir, una menor dependencia de otros países en materia de energía.

### III.5.3.-Aumento de la seguridad en el abasto de energía.

El futuro del abasto de combustibles fósiles a nivel mundial es un tema que preocupa a cada vez más en materia de seguridad energética. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA), la producción de petróleo en el mundo aumentara de 82 a 104 millones de barriles al día entre 2007 y 2030.<sup>4</sup> En contraste, algunos analistas de la industria mundial de los hidrocarburos aseguran que nos encontramos ya en el cenit en la curva de producción mundial de hidrocarburos (véase la Ilustración de abajo

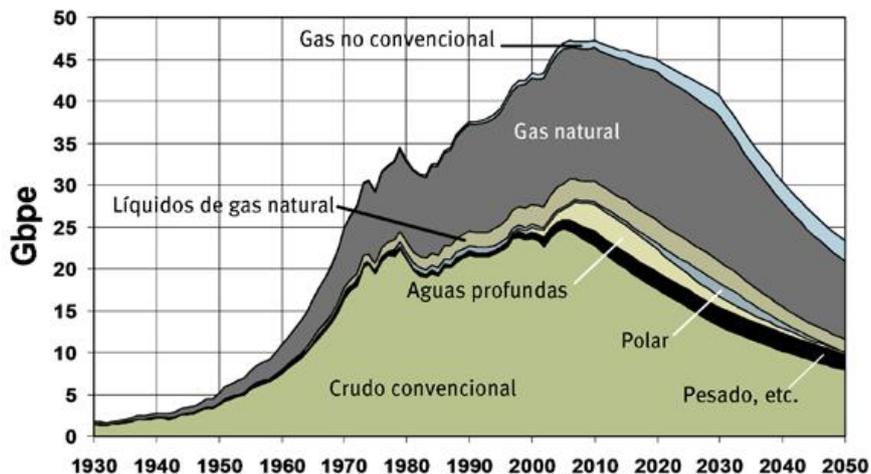


Ilustración 11. Escenario de evolución de la producción mundial de hidrocarburos. Gbpe: Miles de millones de barriles de petróleo equivalente por año. Fuente : Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO), 2008.

<sup>4</sup> IEA, 2008d ([www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org)).

En este contexto, resulta necesario tomar con seriedad los posibles escenarios y considerar que existen riesgos de restricciones en el abasto de energía en el mediano y el largo plazos. En cualquier escenario, las energías renovables desempeñan un importante papel en aumentar la seguridad en el abasto de energía.

### III.5.3.-Desarrollo rural e industrial



Mayor acceso a servicios energéticos sustentables en áreas rurales. La provisión de energía es uno de los principales motores para el desarrollo rural, y las energías renovables son a menudo la mejor opción para proveer de servicios energéticos a comunidades rurales. En particular, la electrificación rural por energías renovables es, en muchos casos, una opción más rentable que las extensiones de la red eléctrica, para el 2.5% de las viviendas del país que no disponen de acceso a la energía eléctrica.<sup>5</sup> Existen además otras aplicaciones térmicas y mecánicas de las energías renovables en el medio rural, tales como las estufas eficientes de leña, los biodigestores, las aerobombas y las bombas de ariete, relevantes para aplicaciones tanto domésticas como productivas.

### III.5.4.-Fomento del desarrollo industrial y rural

Las tecnologías de energías renovables son más intensivas en la utilización de mano de obra que las tecnologías energéticas convencionales. La experiencia internacional muestra que su fabricación y operación da lugar a la creación de una cadena local de valor, con creación de pequeñas empresas y de empleos. Se estima que en el Mundo hay actualmente 2.3 millones de personas trabajando en la industria de las energías renovables.<sup>6</sup> A la luz de estos datos, se estima que en México el desarrollo acelerado de las energías renovables, aunado con mecanismos de política industrial, podría conducir a la creación de al menos 100,000 empleos.

Asimismo, la experiencia internacional muestra que muchos de los proyectos de energías renovables se ubican en áreas rurales y tienen impactos positivos en el desarrollo rural.<sup>7</sup> Estos impactos se dan sobre todo en forma de un mayor ingreso para los pobladores (a través de contratos de arrendamiento, empleos locales, o bien de la participación de los pobladores como socios de los proyectos). También pueden existir otros tipos de impactos en cuanto a la educación, la capacitación para el trabajo, el desarrollo de capacidades empresariales, etc. Como sucede con cualquier proyecto de desarrollo rural, el impacto positivo de los proyectos de energías renovables depende de la medida en que se generen mecanismos adecuados para el flujo de información, la distribución de los beneficios, el fortalecimiento del capital social y el desarrollo de proyectos sociales de largo plazo.

<sup>5</sup> INEGI, 2008 ([tinyurl.com/cpv2005](http://tinyurl.com/cpv2005)).

<sup>6</sup> Worldwatch, 2008 ([tinyurl.com/3snlfr](http://tinyurl.com/3snlfr)). La decima parte de esta cifra se concentra en Alemania.

<sup>7</sup> Ver REN21, 2005 ([tinyurl.com/retsmdg](http://tinyurl.com/retsmdg)).

### III.5.5-Acciones que influyen en mitigación del cambio climático

En México el sector energía contribuye con el 61% de las emisiones de gases de efecto invernadero, y el país ocupa el lugar número 13 a nivel mundial en cuanto a sus emisiones de estos gases.<sup>8</sup> El aprovechamiento de las energías renovables, al desplazar el consumo de combustibles fósiles, constituye una de las principales estrategias de mitigación del cambio climático a nivel mundial. Debido a su alta vulnerabilidad ante el cambio climático, nuestro país tiene un interés particular para promover mecanismos globales de mitigación, y para



pregonar con el ejemplo ante la comunidad internacional. El desarrollo de proyectos de energías renovables representa además para México una oportunidad importante de captar recursos internacionales de los mercados de bonos de carbono (el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto y otros mercados como los voluntarios).

### **III.5.6.-Acciones que influyan en la reducción de los impactos del sector energía sobre la salud y el medio ambiente.**

El sector energía produce emisiones de otros gases y partículas contaminantes, con efectos locales directos o indirectos en la salud de las poblaciones humanas, la conservación de la biodiversidad y la conservación de monumentos históricos. Es, en particular, el caso del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que reacciona en la atmósfera para transformarse en ácido sulfúrico, causante de la lluvia ácida, y también de las partículas suspendidas, causantes de daños a la salud. Las energías renovables permiten desplazar el consumo de combustibles fósiles y por ende reducir estos impactos.<sup>9</sup>

### **III.5.7.-Acciones que contribuyan a la protección de bosques y selvas.**

El aprovechamiento de las energías renovables puede, en algunos casos, aumentar el valor económico que proporcionan las selvas y otras zonas ricas en biodiversidad, y puede por ende aumentar el interés de las poblaciones locales, dueños y poseedores del bosque por su conservación; al incrementar la generación de empleo local y la renta forestal. Esto sucede en particular para el caso de dos tecnologías: los sistemas hidroeléctricos (para cuyo adecuado funcionamiento es necesario asegurar la conservación de la vegetación y de los suelos en las cuencas) y la bioenergía. Existen distintas experiencias positivas en el Mundo de como los sistemas energéticos pueden contribuir a la conservación de áreas relevantes por su valor ambiental.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> ENACC, 2007 ([tinyurl.com/3nkhly](http://tinyurl.com/3nkhly)).

<sup>9</sup> De acuerdo con un estudio (CEPAL y SEMARNAT, 2004; [tinyurl.com/MEXL644](http://tinyurl.com/MEXL644)), los impactos en salud de las principales centrales Termoeléctricas de México son de 465 millones de dólares anuales. Véase también Bickel y Friedrich, 2005 ([tinyurl.com/Exernt](http://tinyurl.com/Exernt)).

<sup>10</sup> Ver en CMR, 2000 ([tinyurl.com/wcdesp](http://tinyurl.com/wcdesp)) ejemplos de cómo se pueden planear, construir y operar las centrales hidroeléctricas minimizando los impactos ambientales negativos y maximizando los impactos positivos. Para un ejemplo de impactos positivos de un sistema de bioenergía basado en la producción forestal sustentable, ver Peryn et al., 2008.

## **IV. LA BIODIGESTIÓN COMO UNA ALTERNATIVA LIMPIA Y SU MARCO JURIDICO-AMBIENTAL.**

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de productos y residuos animales y vegetales. Así, la energía contenida en la leña, los cultivos energéticos, el carbón vegetal, los residuos agrícolas, los residuos urbanos y el estiércol puede ser calificada como energía de la biomasa y clasificarse como formas primarias a los recursos forestales y como formas secundarias a los residuos forestales, agrícolas, ganaderos y urbanos.



Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible (sólido, líquido o gaseoso) para su transporte y/o almacenamiento.

El mundo depende de la biomasa para obtener cerca de 11% de su energía. Se estima que 46 Exajoules (EJ) de la energía primaria global se derivan de la biomasa: 85% por uso “tradicional” (leña y estiércol para combustible doméstico) y 15% en uso industrial de combustibles, procesos de Calor y Energía Combinados (CHP), y electricidad<sup>11</sup>.

Para transformar la biomasa se utilizan varios procesos, los cuales pueden ser de cuatro tipos<sup>12</sup>:

- a) **Físicos**, que son los procesos en los que se actúa físicamente sobre la biomasa e incluyen al triturado, astillado, compactado e incluso secado.
- b) **Químicos**, que son los procesos relacionados con la digestión química, generalmente mediante hidrólisis, pirólisis y/o gasificación.
- c) **Biológicos**, que ocurren por la acción directa de microorganismos o de sus enzimas, generalmente llamado fermentación. Son procesos relacionados con la producción de ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y polímeros.
- d) **Termoquímicos**, en los que la transformación química de la biomasa ocurre al someterla a altas temperaturas (300°C - 1500°C).

Para generar electricidad se utilizan sistemas que son prácticamente convencionales, ya sean calderas para producir vapor que se conectan a turbinas o motores de combustión interna. Ambos equipos se conectan mecánicamente a un generador eléctrico.

Gracias a la presencia de bacterias, los desechos orgánicos húmedos contenidos en los rellenos sanitarios producen metano. En este sentido, se estima que un relleno sanitario con 5.6 millones de toneladas de residuos sólidos produce suficiente biogás para alimentar una planta de 5 MW de capacidad durante 10 años<sup>13</sup>.

**Con un estimado de 14,000 MW de capacidad instalada alrededor del mundo, la biomasa es la mayor fuente de potencia para generación de energía eléctrica con energías renovables, después de la hidroeléctrica.** Estados Unidos de América es el más grande generador de potencia a través de biomasa con 7,000 MW instalados. Las expectativas de crecimiento de la generación con biomasa alrededor del mundo son de más de 30,000 MW para el año 2020. China y la India son considerados candidatos para instalar sistemas con biomasa de manera masiva. Las estimaciones muestran que para el 2015 China deberá tener entre 3,500 y 4,100 MW instalados, y la India entre 1,400 y 1,700 MW. Esto representa un crecimiento acelerado de sus niveles actuales de capacidad instalada de 154 y 59 MW respectivamente<sup>14</sup>.

11 Red Mexicana de Bioenergía. Libro Blanco de Bioenergía en México, 2005, Pág.1.

12 CONAE. Semblanza de las Energías Renovables en México y el Mundo. Pág. 3.

13 CONAE. Op. Cit. Pág. 4.

14 *Ibidem*. Pág. 9.

Otros países que muestran un promisorio crecimiento por la variedad de sus sistemas de biomasa son Brasil, Malasia, Filipinas, Indonesia, Australia, Canadá, Inglaterra, Alemania y Francia.

Del potencial estimado, entre 27 y 54% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal<sup>15</sup>. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales



de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MW/h/año<sup>16</sup>.

*Por otro lado se estima que las comunidades rurales aisladas del país, satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa, principalmente con leña la cual provee cerca del 75% de la energía de los hogares.*

#### IV.1.-¿QUÉ ES LA BIODIGESTIÓN?

La digestión anaerobia es un proceso complejo desde el punto de vista microbiológico; al estar enmarcado en el ciclo anaerobio del carbono, es posible en ausencia de oxígeno, transformar la sustancia orgánica en biomasa y compuestos inorgánicos en su mayoría volátiles: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (Soubes, 1994). Naturalmente ocurre en el tracto digestivo de animales y debajo de aguas estancadas o pantanos, pero también puede realizarse en depósitos cerrados herméticamente, llamados digestores. Estos se utilizan cuando se quiere captar todos los productos obtenidos de la descomposición anaerobia (gases y sólidos), ya que al haber en su interior un ambiente oscuro y sin aire se favorece el medio óptimo para el cultivo intensivo de bacterias anaerobias (Salazar, 1993).

En esta condición, cuando se acumulan polímeros naturales orgánicos como proteínas, carbohidratos, celulosa, etc., se produce un rápido consumo de oxígeno, del nitrato y del sulfato por los microorganismos, produciéndose la metanogénesis; en estas condiciones, el nitrato se transforma en amonio y el fósforo queda como fosfato. También se reducen los iones férrico y mangánico, debido a la ausencia de oxígeno.

El método básico consiste en alimentar al digestor con materiales orgánicos y agua, dejándolos un período de semanas o meses, a lo largo de los cuales, en condiciones ambientales y químicas favorables, el proceso bioquímico y la acción bacteriana se desarrollan simultánea y gradualmente, descomponiendo la materia orgánica hasta producir grandes burbujas que fuerzan su salida a la superficie donde se acumula el gas (Verástegui, 1980).

La digestión anaerobia, a partir de polímeros naturales y en ausencia de compuestos inorgánicos, se realiza en tres etapas: 1) hidrólisis y fermentación, en la que la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias que hidrolizan las moléculas solubles en agua, como grasas, proteínas y carbohidratos, y las transforman en monómeros y compuestos simples solubles; 2) acetogénesis y deshidrogenación, donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, CO<sub>2</sub> e hidrógeno que son los sustratos de las bacterias metanogénicas; 3) metanogénica en la que se produce metano a partir de CO<sub>2</sub> e hidrógeno, a partir de la actividad de bacterias metanogénicas (Marty, 1984).

15 Red Mexicana de Bioenergía. Op. Cit. Pág. Xi.

16 CONAE. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4830/2/ERM06.pdf>

La concentración de hidrógeno juega un papel fundamental en la regulación del flujo del carbono en la biodigestión. Los microorganismos que en forma secuencial intervienen en el proceso son: 1) bacterias hidrolíticas y fermentadoras; 2) bacterias acetogénicas obligadas reductoras de protones de hidrógeno (sintroficas); 3) bacterias sulfato reductoras (sintroficas facultativas) consumidoras de hidrógeno; 4) bacterias homoacetogénicas; 5) bacterias metanogénicas; 6) bacterias desnitrificantes (Soubes, 1994).



Para que las bacterias aseguren su ciclo biológico en el proceso de digestión anaerobia es necesario que se presenten en condiciones óptimas los siguientes factores:

**Temperatura.** Las bacterias mesófilas completan su ciclo biológico en el ámbito de 15 a 40 °C con una temperatura óptima de 35 °C. Las bacterias termofílicas cumplen sus funciones en el ámbito de 35 a 60 °C con una temperatura óptima de 55 °C.

**Hermetismo.** Para que el proceso de digestión se lleve a cabo en forma eficiente, el tanque de fermentación debe estar herméticamente cerrado.

**Presión.** La presión subatmosférica de 6 cm de agua dentro del biodigestor se considera la presión óptima (Kennedy y Berg, 1982).

**Tiempo de retención.** Es el tiempo promedio en que la materia orgánica es degradada por los microorganismos. Se ha observado que a un tiempo corto de retención se produce mayor cantidad de biogas, pero un residuo de baja calidad fertilizante por haber sido parcialmente digerido. Pero para tiempos largos de retención se obtendrá un rendimiento bajo de biogas, pero con un efluente (residuo) más degradado y con excelentes características como fuente de nutrimentos.

**Relación C/N.** La relación óptima de C/N es de 30:1, cuando la relación es muy estrecha (10:1) hay pérdidas de nitrógeno asimilable, lo cual reduce la calidad del material digerido. Si la relación es muy amplia (40:1) se inhibe el crecimiento debido a falta de nitrógeno.

**Porcentaje de sólidos.** El porcentaje óptimo de sólidos en la mezcla a digerir es de 7 a 9 y se consigue al diluir el material orgánico con agua.

**PH.** En digestores operados con estiércol de bovino, los valores óptimos de operación oscilan entre 6.7 y 7.5 con límites de 6.5 a 8.0 (Hayes *et al.*, 1979).

**Agitación.** Esta práctica es importante para establecer un mejor contacto de las bacterias con el sustrato.

#### IV.1.1.- EL BIOGAS Y SU COMPOSICIÓN.

**El biogás** es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico). El producto resultante está formado por metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y otros gases en



menor proporción. Este gas se ha venido llamando *gas de los pantanos*, puesto que en ellos se produce una biodegradación de residuos vegetales semejante a la descrita. Se considera que este gas es más venenoso y mortífero que el gas en su estado normal.

El metano es el gas que le otorga las características de combustible. El valor energético del biogás por lo tanto queda determinado por la concentración de metano; alrededor de 20 – 25 MJ/m<sup>3</sup>; en comparación con un 33 – 38MJ/m<sup>3</sup> del gas natural. Su producción varía según las condiciones climáticas: humedad, temperatura, la presión atmosférica; según su modo de captación, su proporción en metano.

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables ya que produce un combustible de valor además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico. El biogás tiene como promedio un poder calorífico entre 4.500 a 5.600 kilocalorías por m<sup>3</sup>. Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos, estufas, secadores, calderas, u otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptados para tal efecto.

Se llama biogás a la mezcla constituida por metano (CH<sub>4</sub>) en una proporción que oscila entre un 40% a un 70% y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), ver la siguiente tabla.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BIOGÁS		
Componentes	Fórmula Química	Porcentaje
Metano	CH <sub>4</sub>	60-70
Gas carbónico	CO <sub>2</sub>	30-40
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	1.0
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0.1
Ácido sulfídrico	H <sub>2</sub> S	0.1

Fuente: adaptado del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México 1980

#### IV.1.2.-¿QUÉ ES UN BIODIGESTOR?

Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, o iluminación, y en grandes instalaciones se puede utilizar para



alimentar un generador que produzca electricidad. El fertilizante, llamado biól, inicialmente se ha considerado un producto secundario, pero actualmente se está considerando de la misma importancia, o mayor, que el biogás ya que provee a las familias campesinas de un fertilizante natural que mejora mucho el rendimiento de las cosechas.

Los biodigestores familiares de bajo costo han sido desarrollados y están ampliamente implantados en países del sureste asiático, pero en Sudamérica, solo países como Argentina, Cuba, Colombia y Brasil tienen desarrollada esta tecnología, otros países desarrollados están utilizando esta tecnología a principios, es decir, comienza utilizarla y puede usarse como un arma en guerras. Estos modelos de biodigestores familiares, contruidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una 'tecnología apropiada'. En México se empieza a incursionar en esta tecnología, pero actualmente solo lo han hecho en algunos cuantos proyectos y en otros casos solo son proyectos pilotos, (ver tabla).

MUNICIPIO Y LOCALIDAD	PROYECTO	BIODIGESTORES	FECHA
Ojo de Agua de Meléndez	Producción de Flores Bajo Invernadero.	1	02/11/2006
Perales, Genaro Codina, Zac.	Invernadero para la Producción de Hortalizas Bajo Invernadero.	1	06/11/2006
La Zarquilla Fresnillo	Producción de Corrales de Engorda de Torete y punto de venta. "Grupo de trabajo La Zarquilla".	3	09/11/2006
El Maguey, Zac.	Definir	1	13/11/2006
Machines, Zacatecas	Producción y Comercialización de Queso.	1	16/11/2006
La Gavia, Jerez, Zacatecas	Definir	1	23/11/2006
Col. Felipe Ángeles, Sombrerete, Zac.	Invernadero para la Producción	1	27/11/2006
Melchor Ocampo, Zac.	Definir	3	30/11/2006
Matamoros, Melchor Ocampo	Invernadero para la Producción de Hortalizas	1	04/12/2006
Teúl de Gonzáles Ortega, Zac.	Definir	1	07/12/2006
	<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	

*Proyectos realizados en México.*

#### IV.1.2.1.-Consideraciones e importancia de los Biodigestores.

Los biodigestores deben ser diseñados de acuerdo a su finalidad, a la disposición de materia orgánica y tipo, y a la temperatura a la que van a trabajar. Un biodigestor puede ser diseñado para eliminar todo el estiércol producido en una granja de cerdos, o bien como herramientas de saneamiento básico en un colegio. Otro objetivo sería el de proveer de cinco horas de combustión en una cocina a una familia, para lo que ya sabemos que se requieren 20 kilos de estiércol fresco diariamente. El fertilizante líquido obtenido es muy preciado, y un biodigestor diseñado para tal fin ha permitir que la materia prima esté mayor tiempo en el interior de la cámara hermética así como reducir la mezcla con agua en relación 1:3.

La temperatura ambiente en que va a trabajar el biodigestor indica el tiempo de retención necesario para que las bacterias puedan digerir la materia. En ambientes de 30 °C se requieren unos 10 días, a 20 °C unos 25 y en

altiplano, con invernadero, la temperatura de trabajo es de unos 10 °C de media, y se requieren 55 días de tiempo de retención. Es por esto, que para una misma cantidad de materia prima entrante se requiere un volumen cinco veces mayor para la cámara hermética en el altiplano que en el trópico.

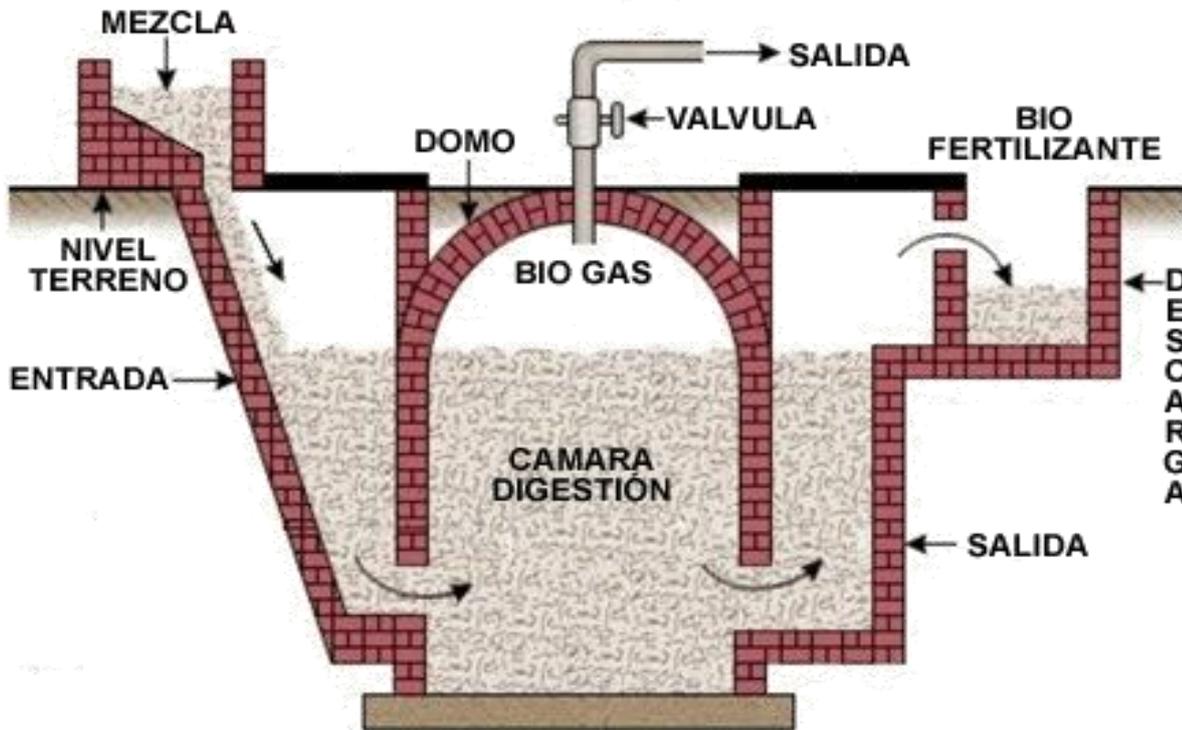


Diagrama interno de un biodigestor de desplazamiento.

#### IV.2.-TIPOS DE BIODIGESTORES.

En forma general se clasifican, según su modo de operación, en los siguientes: de régimen estacionario o de Batch, de régimen semicontinuo, horizontales de desplazamiento y de régimen continuo.

- **Los de régimen estacionario** son muy utilizados para obtener fertilizante orgánico y consisten de tanques herméticos con una salida de gas. Se cargan una sola vez y se descargan cuando han dejado de generar gas (CEMAT, 1977).
- **Los de régimen semicontinuo** se construyen enterrados, se cargan por gravedad una vez al día, en la parte superior flota una campana donde se almacena el gas (Viñas, 1994).
- **Los horizontales de desplazamiento** también se construyen enterrados semejantes a un canal, se operan a régimen semicontinuo, entrando la carga por un extremo del biodigestor y saliendo el efluente por el extremo opuesto.
- **Los de régimen continuo** se utilizan principalmente para tratamiento de aguas negras; son plantas muy grandes que emplean equipos para proporcionar calefacción y agitación, éstos generalmente son de tipo industrial (Mandujano, 1981).



La FAO (*Food and Agriculture Organization*) propone un prototipo denominado:

“Biodigestor plástico de flujo continuo, generador de gas y *bioabono* a partir de aguas residuales servidas”, el cual es muy sencillo y económico. Las principales características de éste son: se hace con polietileno calibre 8 resistente a la luz ultravioleta (LUV), tiene capacidad para  $9 \text{ m}^3$  el tiempo aproximado de retención para la digestión anaerobia de la materia orgánica diluida es de 30 a 40 días en zonas tropicales con temperaturas promedio de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  (FAO, 1995).

Para mejorar la producción de metano de los biodigestores, es conveniente mejorar de los SV, es decir que nuestra mezcla de estiércoles se encuentre balanceada la cantidad de Carbono/Nitrógeno, que sea homogénea en cuanto no hayan impurezas como trozos de materia mayores a  $1 \text{ cm}^3$ , que se encuentre con niveles de pH balanceados y que posea una alta cantidad de organismos metanizantes.

Queda claro que en el proceso la temperatura es un factor muy importante. También se ha demostrado que dependiendo de la calidad de la mezcla que se tenga en el biodigestor se obtendrán resultados bastante diferentes. Los biodigestores industriales de gran porte no solo tienen en cuenta la temperatura de la biomasa, o el pH, sino la cantidad y calidad de SV que se ingresa, teniendo en cuenta que esta es parte integrante de cualquier estiércol.

Otro factor a tener en cuenta, aunque solo afecta al proceso en circunstancias muy particulares, es la presión. Se ha llegado a contestar que a presiones del orden de  $700 \text{ Kg/cm}^2$ , los microorganismos aún cumplen su proceso metabólico aunque muestran grandes dificultades para desarrollar su tarea, en cambio a presiones menores que la atmosférica, se vio que por debajo de  $0,35 \text{ Kg/cm}^2$  de presión absoluta, el proceso de metanización se detiene. A los efectos prácticos, para las condiciones usuales de presión a que se realiza la fermentación metánica, entre  $0,7$  y  $1/4 \text{ Kg/cm}^2$  de presión absoluta, la destrucción de sólidos volátiles es del orden del 60%, en las condiciones óptimas de temperatura y pH, para tiempos de retención entre 12 u 25 días.



*Vista de un biodigestor en funcionamiento.*



#### IV.2.1.-Ventajas de los Biodigestores

- Se optimiza el material orgánico utilizado, ya que se captan todos los productos y subproductos (gases y líquidos con sólidos disueltos) generados en la degradación, por lo cual existe poca pérdida de elementos nutritivos, cosa que no sucede en la biodegradación aerobia.
- Los residuos orgánicos obtenidos después de la biodegradación anaerobia (efluente) tienen mayor riqueza nutricional que los obtenidos en la biodegradación aerobia (Noyola y Monroy, 1994).
- Además de generar gas combustible, la fermentación anaerobia de la materia orgánica produce un residuo orgánico de excelentes propiedades fertilizantes, evitando en esta forma la competencia que se podría presentar con el aprovechamiento tradicional de los residuos animales y agrícolas con fines fertilizantes o como combustibles. La composición del bioabono en promedio tiene 8.5% de materia orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5 (Botero y Thomas, 1987). El bioabono sólido o líquido no posee mal olor, a diferencia del estiércol fresco, tampoco atrae moscas y puede aplicarse directamente al campo en forma líquida, en las cantidades recomendadas (McCaskey, 1990); o bien, el bioabono sólido puede deshidratarse y almacenarse para usarlo posteriormente en el entendido de que al deshidratarse puede haber pérdidas por volatilización hasta 60%, sobre todo de nitrógeno (Day, 1987). De acuerdo con Mandujano (1981), un metro cúbico de bioabono producido y aplicado diariamente, puede fertilizar más de 2 ha de tierra por año y proporcionar hasta 200 kg N ha<sup>-1</sup> de los que estarán disponibles en el primer año entre 60 y 70 kg. El bioabono no deja residuos tóxicos en el suelo, eleva la calidad del mismo y puede considerarse como un buen fertilizante que puede competir o complementarse con los fertilizantes químicos.
- Al usar un biodigestor se utilizan los nutrientes contenidos en las excretas y, además, se reduce la contaminación ambiental, ya que convierte las excretas que contienen microorganismos patógenos como bacterias, protozoos, larvas, huevos, pupas de insectos, etc.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la reducción de emisiones incontroladas de CH<sub>4</sub>, (que produce un efecto invernadero 20 veces superior al CO<sub>2</sub>), y reducción del CO<sub>2</sub> ahorrado por sustitución de energía fósil.

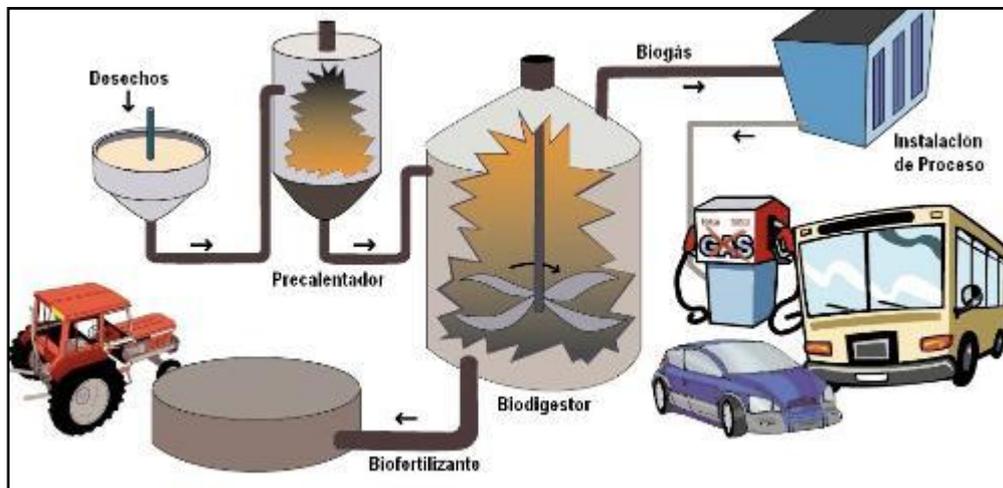
#### IV.2.2.-Desventajas de los Biodigestores

- El material orgánico obtenido en ocasiones hay que tratarlo para eliminar infecciones de aspecto sanitario. Las excretas contienen nutrientes que los cultivos pueden utilizar, pero también poseen altas concentraciones de coliformes fecales que producen enfermedades infecciosas, capaces de causar hasta la muerte en los humanos. Por ello, para utilizarlas como fertilizantes, es necesario darles un tratamiento que elimine estos agentes infecciosos. Una forma de hacerlo es mediante la biodigestión. Al aplicarse en forma líquida en suelos permeables existe mucha pérdida por lixiviación de algunos de sus componentes.
- Es necesario tener el suelo húmedo para hacer la aplicación del efluente porque si el suelo está seco existe gran pérdida de nitrógeno del efluente por volatilización (Feigin *et al.*, 1991).

### IV.3.-USOS DEL BIOGAS.

El biogás producido en procesos de digestión anaerobia puede tener diferentes usos:

- En calderas para generación de calor o electricidad.
- En motores o turbinas para generar electricidad.
- En tanques de combustible, previa realización de una limpieza de  $H_2S$  y otros contaminantes de las membranas.
- Purificándolo y añadiéndole los aditivos necesarios para introducirlo en una red de gas natural.
- Usándolo como material base para la síntesis de productos de elevado valor agregado como es el metanol o el gas natural licuado.
- Como combustible de automoción.



UTILIDADES DEL BIOGAS.

El biogás, además de metano tiene otra serie de compuestos que se comportan como impurezas: agua, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles como hidrocarburos halogenados, siloxanos, etc. Por lo tanto, es necesaria la limpieza del combustible, dependiendo del uso final que se le vaya a dar.

Una aplicación tipo de la digestión anaerobia es en las granjas de ganado bovino y porcino de gran tamaño o como planta de gestión de residuos en zonas de alta concentración de ganado, por el gran problema que generan los purines. En este caso se puede proponer y proyectar una planta de digestión anaerobia de producción de biogás como auto abastecimiento energético según las necesidades.

Una situación ideal sería implantar un pequeño sistema de cogeneración, que permitiría un ahorro en agua caliente y electricidad en épocas frías, junto con la conexión a la red para la venta eléctrica. En los meses de verano, venta a la red eléctrica o venta de biogás para su embotellado a presión.



Generalmente, los costos asociados a instalaciones de gestión de residuos orgánicos mediante digestión anaerobia son elevados y la productividad es muy baja en términos de la energía contenida en el biogás respecto a la cantidad de residuo tratado.

*PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDROGENO.* Las tecnologías basadas en hidrocarburos para la producción de hidrógeno dominan el mercado industrial con un estimado del 97% ó más. Cerca de tres cuartas partes del hidrógeno industrial producido en el mundo se obtiene del metano contenido en el gas natural, haciéndolo reaccionar con vapor de agua a 750 °C, en presencia de un catalizador de níquel. Otro 25% se fabrica con métodos similares, a partir de gases procedentes del refinado del petróleo o del carbón, sin embargo metano proveniente de otras fuentes (e. renovables) es susceptible de transformarse en H<sub>2</sub>.

### **IV.3.-PRODUCCIÓN DE BIÓGAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.**

#### **IV.4.1.-Potencial estimado**

El potencial de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 Petajoules al año. En el sector agroindustrial de la caña de azúcar, se ha calculado un potencial de generación de electricidad, a partir del bagazo de caña, superior a 3,000,000 de MW/h al año.

#### **IV.4.2.-Informe sobre el consumo de Biogás en Europa**

Según un informe publicado por el observatorio de energías renovables, EurObserv'ER, realizado por la asociación de empresas del sector bioenergético con el apoyo de la Comisión Europea, el consumo de biogás se ha incrementado en la UE.

Los países de la Unión Europea están cada vez más interesados en las características del biogás, en términos de producción energética y cuidado medioambiental. Muchos de ellos están desarrollando sus propios canales para poner en valor su potencial. *La producción de biogás ha superado los 5,3 millones de toneladas en el año 2006 representando un aumento del 13,6% con respecto al 2005.*

**T1 PRODUCTION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DE BIOGAZ DANS L'UNION EUROPÉENNE EN 2005 ET EN 2006\* (EN KTEP)  
PRIMARY ENERGY PRODUCTION OF BIOGAS IN THE EUROPEAN UNION IN 2005 AND 2006\* (IN KTOE)**

Pays/ Countries	2005				2006**			
	Décharges/ Landfill gas	Stations d'épuration/ Sewage sludge gas <sup>1</sup>	Autres biogaz/ Other biogas <sup>2</sup>	Total/ Total	Décharges/ Landfill gas	Stations d'épuration/ Sewage sludge gas <sup>1</sup>	Autres biogaz/ Other biogas <sup>2</sup>	Total/ Total
Allemagne/Germany	573,2	369,8	651,4	1 594,4	573,2	369,8	980,2	1 923,2
Royaume-Uni/UK	1 421,0	179,0	—	1 600,0	1 515,0	181,0	—	1 696,0
Italie/Italy	301,7	0,9	40,9	343,5	310,8	0,9	42,1	353,8
Espagne/Spain	236,5	56,8	23,6	316,9	251,6	56,8	25,8	334,3
France/France	141,0	75,0	4,0	220,0	148,0	75,0	4,0	227,0
Pays-Bas/Netherlands	38,8	50,8	29,4	119,0	38,8	50,8	29,4	119,0
Autriche/Austria	8,3	2,7	19,8	30,8	11,2	3,5	103,4	118,1
Danemark/Denmark	14,2	23,3	54,0	91,5	14,2	23,5	56,5	94,2
Pologne/Poland	25,1	25,3	0,3	50,7	27,5	65,8	0,5	93,8
Belgique/Belgium	51,1	25,2	7,7	84,0	50,6	25,0	7,8	83,3
Grèce/Greece	20,5	15,5	—	36,0	54,2	15,2	—	69,4
Finlande/Finland	50,9	12,7	—	63,5	50,9	12,7	—	63,5
Rép. tchèque/Czech Rep.	21,5	31,4	2,9	55,8	25,2	31,1	3,6	59,9
Irlande/Ireland	24,9	4,8	4,5	34,3	25,4	4,8	4,5	34,7
Suède/Sweden	10,1	18,7	0,9	29,8	11,3	21,0	1,0	33,3
Hongrie/Hungary	0,1	4,6	2,4	7,1	0,1	7,3	3,1	10,5
Portugal/Portugal	—	—	10,1	10,1	—	—	9,2	9,2
Luxembourg/Luxembourg	—	—	7,4	7,4	—	—	8,9	8,9
Slovénie/Slovenia	6,0	0,7	—	6,8	6,9	1,1	0,4	8,4
Slovaquie/Slovakia	—	4,3	0,6	4,8	—	4,3	0,6	4,8
Estonie/Estonia	1,3	—	—	1,3	1,3	—	—	1,3
Malte/Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UE/EU	2 946,2	901,6	859,8	4 707,6	3 116,2	949,5	1 281,1	5 346,7

Source : Eurobase/ER.2007

1 Urbaines et industrielles/urban and industrial. 2 Unités décentralisées de biogaz agricole, unités de méthanisation des déchets municipaux solides, unités centralisées de codigestion/  
Decentralised agricultural plants, municipal solid waste methanisation plants, centralised codigestion plants.

\* Estimation/estimate.

TABLAS TOMADAS DE ARTICULO, EUROBASE'ER, BIOGAS BAROMETER

**T2 PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR DE BIOGAZ DANS L'UNION EUROPÉENNE EN 2005 ET EN 2006\* (EN GWH)  
ELECTRICITY PRODUCTION FROM BIOGAS IN THE EUROPEAN UNION IN 2005 AND 2006\* (IN GWH)**

Pays/ Countries	2005			2006**		
	Centrales électriques seules/Electricity only plants	Centrales fonctionnant en cogénération/ CHP plants	Electricité totale/ Total electricity	Centrales électriques seules/Electricity only plants	Centrales fonctionnant en cogénération/ CHP plants	Electricité totale/ Total electricity
Allemagne/Germany	—	4 708,0	4 708,0	—	7 338,0	7 338,0
Royaume-Uni/UK	4 296,5	393,5	4 690,0	4 589,1	407,9	4 997,0
Italie/Italy	967,1	230,9	1 198,0	996,1	237,8	1 233,9
Espagne/Spain	583,5	36,7	620,2	590,6	84,4	674,9
Grèce/Greece	179,0	—	179,0	578,6	—	578,6
Danemark/Denmark	2,0	272,5	274,5	2,0	282,6	284,6
France/France	483,0	—	483,0	501,0	—	501,0
Autriche/Austria	43,2	26,4	69,7	372,6	37,2	409,8
Pays-Bas/Netherlands	—	286,0	286,0	—	286,0	286,0
Pologne/Poland	19,0	156,1	175,1	21,3	219,9	241,2
Belgique/Belgium	149,7	90,3	240,1	146,6	90,6	237,2
Rép. tchèque/Czech Rep.	52,3	108,5	160,9	50,9	123,8	174,7
Irlande/Ireland	106,0	0,0	106,0	108,0	0,0	108,0
Suède/Sweden	0,0	54,0	54,0	0,0	54,0	54,0
Portugal/Portugal	26,7	8,0	34,7	25,2	7,4	32,6
Luxembourg/Luxembourg	—	27,2	27,2	—	32,6	32,6
Slovénie/Slovenia	8,9	23,3	32,2	8,9	23,3	32,2
Hongrie/Hungary	—	24,8	24,8	—	22,1	22,1
Finlande/Finland	0,9	21,4	22,3	0,9	21,4	22,3
Estonie/Estonia	—	7,2	7,2	—	7,2	7,2
Slovaquie/Slovakia	—	4,0	4,0	—	4,0	4,0
Malte/Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UE/EU	6 917,8	6 478,9	13 396,7	7 991,7	9 280,3	17 272,0

\* Estimation/estimate.

Source : Eurobase/ER.2007



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



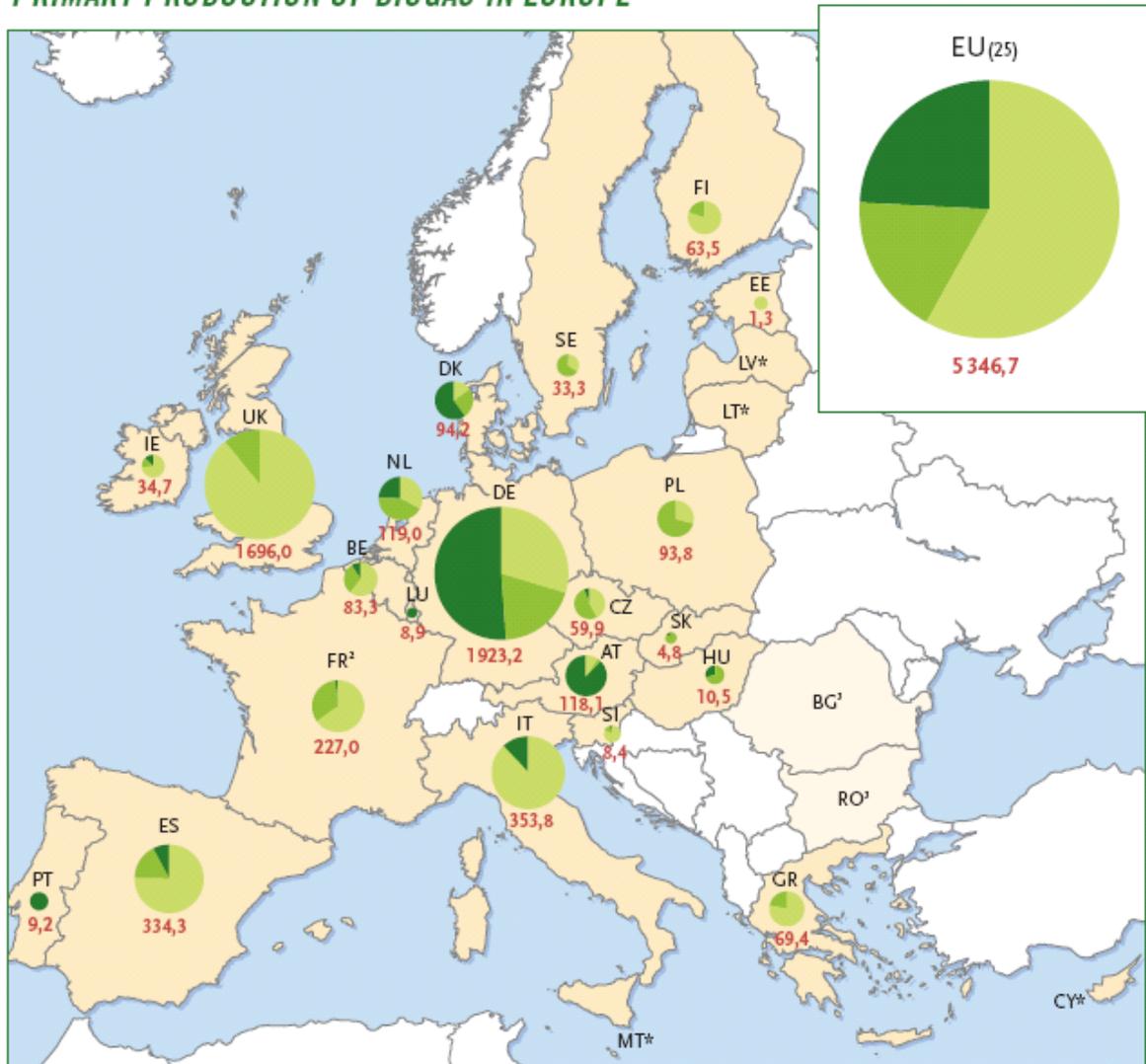
EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

La valorización del biogás es claramente una de las prioridades en Suecia. Este sector no sólo es dedicado a la producción de electricidad (54 GWh en 2006) y el calor (20,7 ktep), sino también a la producción de combustible para vehículos, así como para re-inyección en el medio natural red de gas (que sustituye el equivalente de 1,8 millones de m<sup>3</sup> de gas natural por año). Hay numerosos sistemas de incentivos en Suecia la promoción del uso del biogás. Esta energía no está sujeta al impuesto sobre el CO<sub>2</sub>. Por otra parte, las centrales gubernamentales locales así como a empresas de negocios que invierten en soluciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el que el biogás tiene un papel importante.

También existe una extensión fiscal para la compra de importantes vehículos que funcionan con biogás combustible. La producción de electricidad con el apoyo de un mecanismo de certificados verdes.

***El ranking de producción en biogas dentro de la Unión Europea lo lidera Alemania, con un total de 1.923 estaciones, seguida de Gran Bretaña, Italia y España con 333 puntos de producción.***

**PRODUCTION PRIMAIRE DE BIOGAZ EN EUROPE**  
**PRIMARY PRODUCTION OF BIOGAS IN EUROPE**



**LÉGENDE/KEY**

**Production d'énergie primaire de biogaz de l'Union européenne en 2006 (en ktpe)<sup>1</sup>/**  
**Primary energy production of biogas of the European Union in 2006 (in ktpe)<sup>1</sup>**

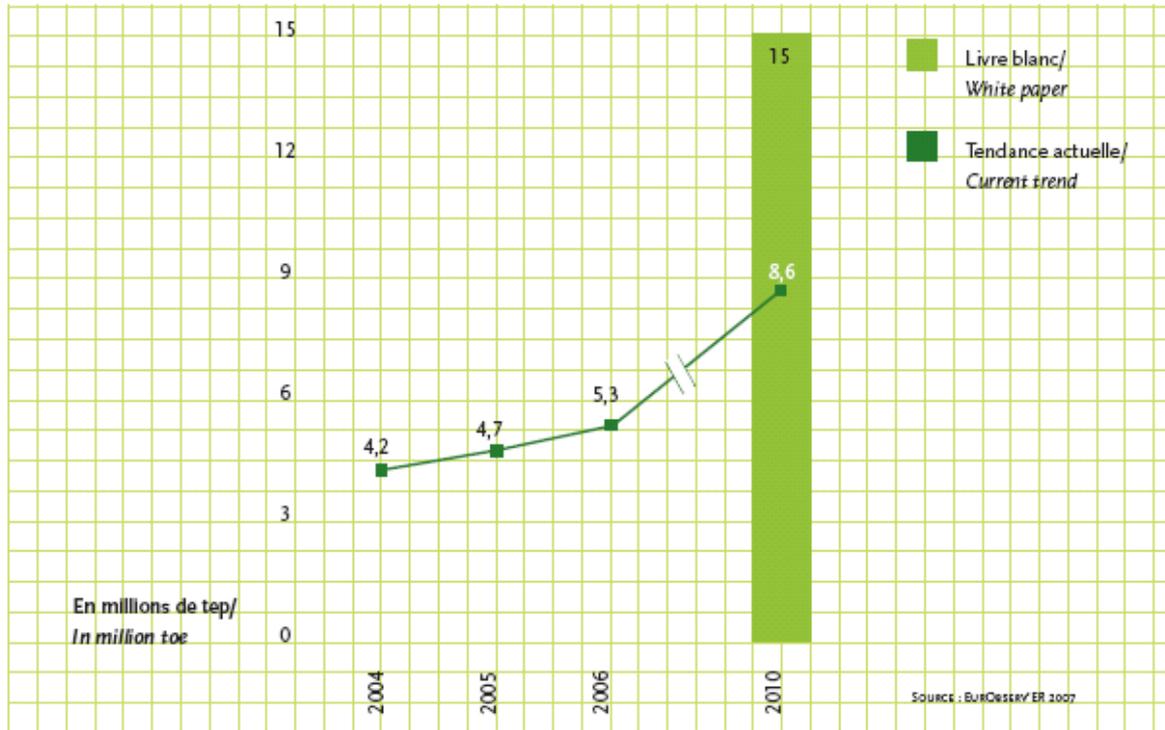
- Biogaz de décharges/Landfill gas
- Biogaz de stations d'épuration/Sewage sludge gas
- Autres biogaz (déchets agricoles, etc.)/Other biogases (agricultural waste, etc.)

**5 346,7** Les chiffres en rouge indiquent la production totale/Red figures show total production

\* Non représentatif/Not significant – <sup>1</sup> Estimation/Estimate – <sup>2</sup> Dom inclus/French overseas départements included  
<sup>3</sup> La Bulgarie et la Roumanie ne font pas partie de notre étude/Bulgaria and Romania are not included in our survey

TABLAS TOMADAS DE ARTICULO, EUROBSSEV'ER, BIOGAS BAROMETER

**C1** COMPARAISON DE LA TENDANCE ACTUELLE AVEC LES OBJECTIFS DU LIVRE BLANC  
COMPARISON OF CURRENT TREND WITH WHITE PAPER TARGETS

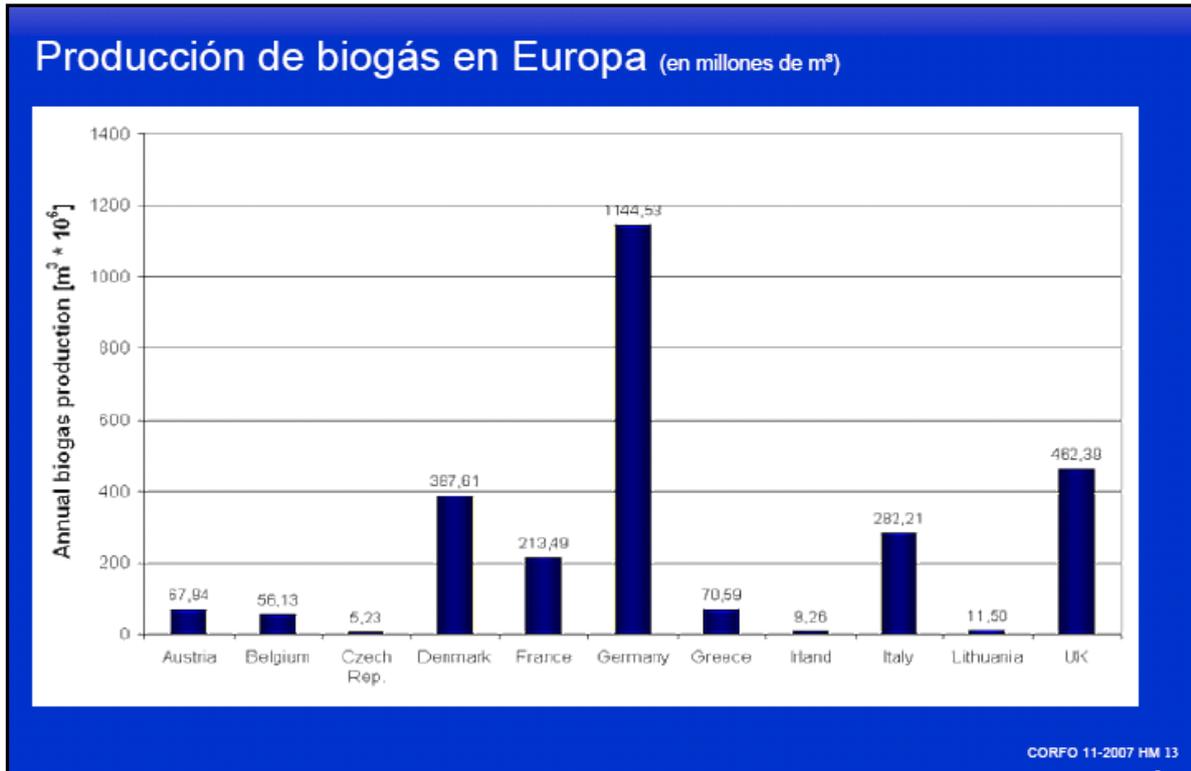


#### IV.4.3.-España, un buen productor de biogás.

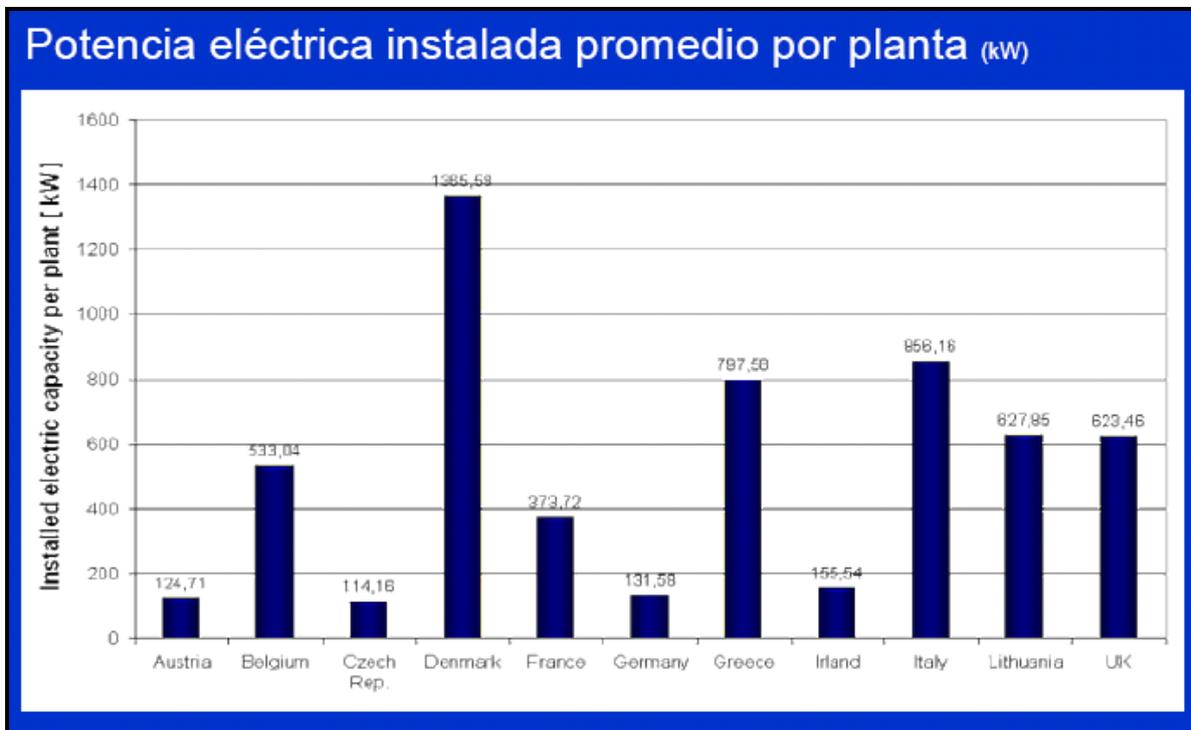
Las plantas de producción eléctrica a partir de biomasa o biogás se benefician en nuestro país de un plan específico recogido en el Real Decreto 436/2004, que establece las tarifas para los diferentes sectores renovables. Los operadores pueden escoger entre vender la electricidad directamente en el mercado o a una compañía eléctrica. En el último caso, el precio por kW/h corresponde al 90% del precio de referencia de la electricidad determinado cada año por Real Decreto. Esta tarifa es aplicable por un periodo de 20 años y posteriormente la ayuda a la producción disminuye al 80% del precio de referencia.

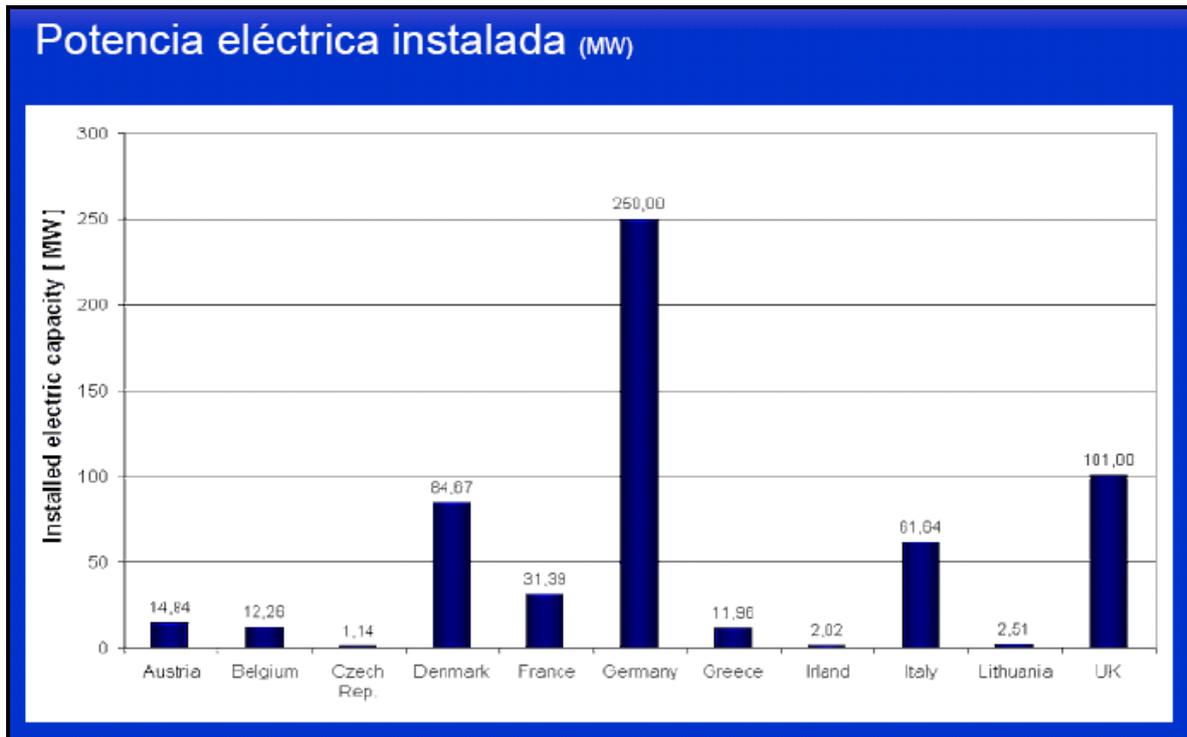
Si los productores eligen el mercado, se benefician de bonos sobre el precio de mercado que representa el 40% del precio de referencia.

Este sistema ha sido relativamente efectivo para la producción de electricidad a partir de biogás.

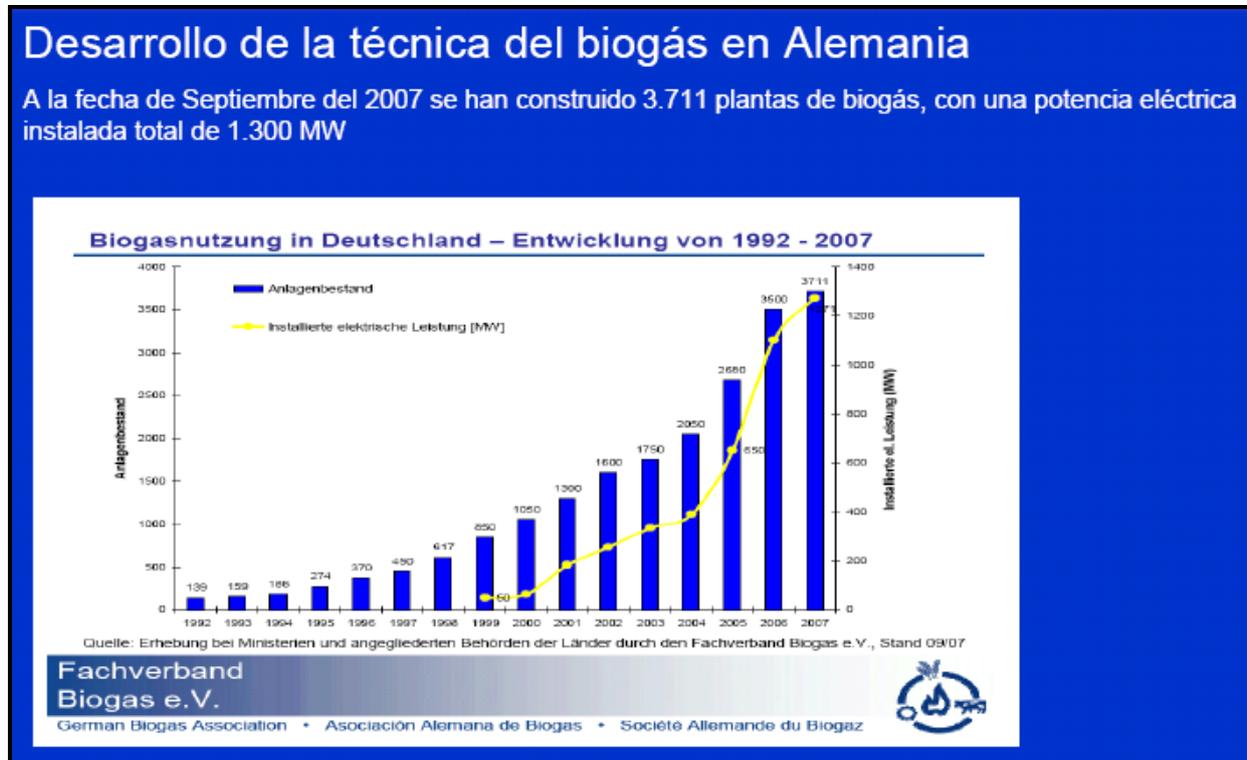


Graficas tomadas de la Cia. Alemana, Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher Technik GmbH, Biogás, substratos, desarrollo de la técnica, costos.





Graficas tomadas de la Cia. Alemana, Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher Technik GmbH, Biogás, substratos, desarrollo de la técnica, costos.





	2005	2010	2020
<b>Potencia el.</b>	450 MW	2.277 MW	10.000 MW
<b>Energía</b>	2.900. GWh/a	12.300 GWh/a	76.000 GWh/a
<b>Participación en la generación eléctrica</b>	0,5%	2,7%	17%
<b>Ventas</b>	490 Mio. Euro	1.880 Mio. Euro	7.600 Mio. Euro
<b>Porcentaje de exportación</b>	8%	15%	30%
<b>Puestos de trabajo</b>	5.000	17.000	85.000
<b>Reducción de emisiones CO<sub>2</sub></b>	4,0 Mio. t/a	9,6 Mio. t/a	100 Mio. t/a

#### IV.5.- MARCO JURÍDICO

En lo relativo al marco jurídico que resulta aplicable a la producción de energía a partir de biomasa, encontramos las disposiciones legales contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, y la Ley General para la Prevención Gestión Integral de los Residuos, con sus respectivos reglamentos, así como algunas Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos sólidos urbanos. Por otra parte, son aplicables las normas contenidas en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.

##### IV.5.1.-Acciones del gobierno

Durante el actual gobierno se han impulsado proyectos y estrategias fundamentadas en el cuidado y mejor aprovechamiento de los recursos naturales, que permiten reincorporar el bagazo de caña a la cadena productiva.

De esta forma, dentro del esquema de cogeneración, la Comisión Reguladora de Energía ha otorgado los siguientes permisos para instalar plantas de generación eléctrica a partir de biomasa y biogás, los cuales se enlistan a continuación:



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

PERMISIONARIO	CAPACIDAD AUTORIZADA (MW)	UBICACION DE LA PLANTA	TECNOLOGÍA
INGENIO PLAN DE SAN LUIS, S.A. DE C.V.	9.0	SAN LUIS POTOSI	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO PRESIDENTE BENITO JUAREZ, S.A. DE C.V.	9.0	TABASCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA INDUSTRIAL AZUCARERA SAN PEDRO, S.A. DE C.V.	10.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EMILIANO ZAPATA, S.A. DE C.V.	8.6	MORELOS	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN MIGUELITO, S.A. DE C.V.	5.2	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
IMPULSORA DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN, S.A. DE C.V.	24.2	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO LAZARO CARDENAS, S.A. DE C.V.	5.5	MICHOACAN	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
AZSUREMEX, S.A. DE C.V.	2.5	TABASCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DE PUGA, S.A.	18.5	NAYARIT	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO TALA, S.A. DE C.V. (ANTES INGENIO JOSE MARIA MARTINEZ, S.A. DE C.V.)	12.0	JALISCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN FRANCISCO AMECA, S.A. DE C.V.	4.5	JALISCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL MOLINO, S.A. DE C.V.	10.0	NAYARIT	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO TAMAZULA, S.A. DE C.V.	10.5	JALISCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
PROZUCAR, S.A. DE C.V.	10.5	SINALOA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO ALIANZA POPULAR, S.A. DE C.V.	6.4	SAN LUIS POTOSI	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL DORADO, S.A. DE C.V.	9.6	SINALOA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO TRES VALLES, S.A. DE C.V.	12.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL HIGO, S.A. DE C.V.	12.0	VERACRUZ	BAGAZO DE CAÑA
INGENIO ADOLFO LOPEZ MATEOS, S.A. DE C.V.	13.5	OAXACA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DE HUIXTLA, S.A. DE C.V.	9.6	CHIAPAS	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA LA FE, S.A. DE C.V.	9.5	CHIAPAS	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO MELCHOR OCAMPO, S.A. DE C.V.	6.1	JALISCO	BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA DE LOS MOCHIS, S.A. DE C.V.	14.0	SINALOA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN RAFAEL DE PUENTE, S.A. DE C.V.	9.0	QUINTANA ROO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA INDEPENDENCIA, S.A. DE C.V.	9.6	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO, BAGAZO DE CAÑA Y DIESEL
BSM ENERGIA DE VERACRUZ, S.A. DE C.V.	12.7	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO NUEVO SAN FRANCISCO, S.A. DE C.V.	6.5	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO LA JOYA S.A. DE C.V.	7.2	CAMPECHE	COMBUSTÓLEO, BAGAZO DE CAÑA Y DIESEL
INGENIO LA MARGARITA S.A. DE C.V.	7.3	OAXACA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO MAHUXTLAN S.A. DE C.V.	3.3	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL POTRERO S.A.	10.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO LA PROVIDENCIA S.A. DE C.V.	7.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN JOSÉ DE ABAJO S.A. DE C.V.	8.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

INGENIO LA GLORIA S.A.	21.5	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DE ATENCINGO S.A. DE C.V.	15.0	PUEBLA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL REFUGIO S.A. DE C.V.	4.0	OAXACA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
CENTRAL MOTZORONGO S.A. DE C.V.	20.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN MIGUEL DEL NARANJO S.A. DE C.V.	9.3	SAN LUIS POTOSI	BAGAZO DE CAÑA
FABRICA MEXICANA DE PAPEL S.A. DE C.V.	18.8	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SAN NICOLAS S.A. DE C.V.	5.4	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO DEL CARMEN S.A.	6.8	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO PLAN DE AYALA S.A. DE C.V.	16.0	SAN LUIS POTOSI	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO SANTA CLARA S.A. DE C.V.	7.6	MICHOACAN	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
AZUCARERA DE LA CHONTALPA S.A. DE C.V.	3.8	TABASCO	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO QUESERIA S.A. DE C.V.	5.5	COLIMA	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA INDUSTRIAL AZUCARERA S.A. DE C.V.	5.5	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
INGENIO EL MODELO S.A.	9.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
FOMENTO AZUCARERO DEL GOLFO S.A.	8.0	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
COMPAÑIA AZUCARERA LA CONCEPCION S.A. DE C.V.	4.2	VERACRUZ	COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA
<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>473.7</b>		
BIOENERGIA DE NUEVO LEON S.A. DE C.V.	12.7	NUEVO LEON	BIOGAS
CONSERVAS LA COSTEÑA S.A. DE C.V. Y JUGOMEX S.A. DE C.V.	1.0	ESTADO DE MEXICO	BIOGAS Y GAS NATURAL
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA DEL GOB. DEL EDO. DE N.L., PLANTA DULCES NOMBRES	9.2	NUEVO LEON	BIOGAS
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, INSTITUCION PUBLICA DESCENTRALIZADA DEL GOB. DEL EDO. DE N.L., PLANTA NORTE	1.6	NUEVO LEON	BIOGAS
<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>24.5</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>498.2</b>		

*INGENIOS PRODUCTORES DE COMBUSTÓLEO Y BAGAZO DE CAÑA.*

#### IV.5.2.-Acciones específicas.

Las acciones específicas para el desarrollo de la biomasa deben encaminarse a integrarla como una oferta energética importante, tanto en su aprovechamiento directo como combustible, así como para la generación eléctrica.

La biomasa representa una actividad que puede coadyuvar al desarrollo rural del país, integrando criterios de sustentabilidad y desarrollo que la consoliden como una verdadera fuente alternativa de energía, dado el potencial de México ante su privilegiada ubicación geográfica.

Dichas acciones específicas son las siguientes:

1. Evaluar ampliamente en todo el territorio nacional el potencial energético para el aprovechamiento de biomasa;
2. Establecer los criterios de sustentabilidad y recomendaciones que permitan su aprovechamiento sin afectar los ecosistemas.
3. Impulsar el desarrollo de técnicas y tecnologías que permitan ampliar la participación de la biomasa en el Balance Energético Nacional, a través de la elaboración de un censo de los diferentes insumos existentes y su posible desarrollo.
4. Analizar la integración de la generación distribuida con energía de biomasa dentro de los programas de expansión del sector eléctrico, para sistemas remotos y para sistemas híbridos.



5. Realizar talleres regionales para el análisis de los aspectos relevantes para el diseño, licitación, financiamiento, construcción y operación de los sistemas para el aprovechamiento de la biomasa.

#### IV.5.3.-Retos.

Aprovechar el contenido energético de la biomasa para la generación de calor o electricidad es una actividad indispensable que permitirá estimar los retos en materia de investigación y desarrollo tecnológico, para el aprovechamiento y desarrollo de las fuentes de energía renovable. Asimismo, la integración de las fuentes de energía renovable a los sistemas eléctricos convencionales constituye un desafío tecnológico en aspectos de control y administración.

La diversificación de las fuentes de energía primaria, representa una oportunidad para el fortalecimiento de la seguridad energética de la nación. Sin embargo, para su implementación, se debe buscar el balance de los costos y efectos que pueden tener sobre las empresas del sector energía y los efectos en el consumidor final.

Los elementos clave sobre seguridad energética que se deben considerar en el establecimiento de un contexto para el desarrollo de la industria renovable nacional incluyen:

- Viabilidad para la incorporación dentro del Sistema Eléctrico Nacional;
- Diferentes escenarios para la participación de la generación con biomasa en el sistema eléctrico nacional de acuerdo a sus posibles evoluciones;
- Evolución de las opciones tecnológicas dentro de los escenarios de producción;
- Conocimiento, experiencia y capacidades disponibles a nivel local, regional y nacional;
- Implicaciones de la eficiencia energética en la producción, transformación y generación de energía con biomasa;
- Costos y precios de la logística de producción, generación y comercialización de la energía de la biomasa, y
- Evaluación de las diferentes tecnologías para el tratamiento de basura y residuos, a efecto de determinar si se pueden considerar como fuentes de energía renovables.



#### **IV.6.-MARCO JURÍDICO ESPECÍFICO.**

Además de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, el marco jurídico de estas fuentes de energía incluye las siguientes disposiciones:

#### **ORDENAMIENTO**

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

**ARTICULO 30.-** No se considera servicio público:

- I.- La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción;
- II.- La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad;
- III.- La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción;

**ARTÍCULO 36.-** La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional y oyendo la opinión de la Comisión Federal de Electricidad, otorgará permisos de autoabastecimiento, de cogeneración, de producción independiente, de pequeña producción o de importación o exportación de energía eléctrica, según se trate, en las condiciones señaladas para cada caso:

I.- De autoabastecimiento de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales, siempre que no resulte inconveniente para el país a juicio de la Secretaría de Energía, Minas e Industria

Paraestatal. Para el otorgamiento del permiso se estará lo siguiente:

- a) Cuando sean varios los solicitantes para fines de autoabastecimiento a partir de una central eléctrica, tendrán el carácter de copropietarios de la misma o constituirán al efecto una sociedad cuyo objeto sea la generación de energía eléctrica para satisfacción del conjunto de las necesidades de autoabastecimiento de sus socios. La sociedad permissionaria no podrá entregar energía eléctrica a terceras personas físicas o morales que no fueren socios de la misma al aprobarse el proyecto original que incluya planes de expansión, excepto cuando se autorice la cesión de derechos o la modificación de dichos planes; y
- b) Que el solicitante ponga a disposición de la Comisión Federal de Electricidad sus excedentes de producción de energía eléctrica, en los términos del artículo 36-Bis.

II.- De Cogeneración, para generar energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica y siempre que, en cualesquiera de los casos:

- a) La electricidad generada se destine a la satisfacción de las necesidades de establecimientos asociados a la cogeneración, siempre que se incrementen las eficiencias energética y económica de todo el proceso y que la primera sea mayor que la obtenida en plantas de generación convencionales. El permissionario puede no ser el operador de los procesos que den lugar a la cogeneración.
- b) El solicitante se obligue a poner sus excedentes de producción de energía eléctrica a la disposición de la Comisión Federal de Electricidad, en los términos del artículo 36-Bis.



III.- De Producción Independiente para generar energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad, quedando ésta legalmente obligada a adquirirla en los términos y condiciones económicas que se convengan. Estos permisos podrán ser otorgados cuando se satisfagan los siguientes requisitos:

- a) Que los solicitantes sean personas físicas o personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas y con domicilio en el territorio nacional, y que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación aplicable;
- b) Que los proyectos motivo de la solicitud estén incluidos en la planeación y programas respectivos de la Comisión Federal de Electricidad o sean equivalentes.

La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, conforme a lo previsto en la fracción III del artículo 3o., podrá otorgar permiso respecto de proyectos no incluidos en dicha planeación y programas, cuando la producción de energía eléctrica de tales proyectos haya sido comprometida para su exportación; y

- c) Que los solicitantes se obliguen a vender su producción de energía eléctrica exclusivamente a la Comisión Federal de Electricidad, mediante convenios a largo plazo, en los términos del artículo 36-Bis o, previo permiso de la Secretaría en los términos de esta Ley, a exportar total o parcialmente dicha producción.

IV.- De pequeña producción de energía eléctrica, siempre que se satisfagan los siguientes requisitos:

- a) Que los solicitantes sean personas físicas de nacionalidad mexicana o personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas y con domicilio en el territorio nacional, y que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación aplicable;
- b) Que los solicitantes destinen la totalidad de la energía para su venta a la Comisión Federal de Electricidad. En este caso, la capacidad total del proyecto, en un área determinada por la Secretaría, no podrá exceder de 30 MW; y
- c) Alternativamente a lo indicado en el inciso b) y como una modalidad del autoabastecimiento a que se refiere la fracción I, que los solicitantes destinen el total de la producción de energía eléctrica a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los interesados constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos, en tales casos, no excedan de 1 MW;

V.- De importación o exportación de energía eléctrica, conforme a lo dispuesto en las fracciones III y IV del artículo 3o., de esta Ley.

En el otorgamiento de los permisos a que se refiere este artículo, deberá observarse lo siguiente:

- 1) El ejercicio autorizado de las actividades a que se refiere este artículo podrá incluir la conducción, la transformación y la entrega de la energía eléctrica de que se trate, según las particularidades de cada caso;
- 2) El uso temporal de la red del Sistema Eléctrico Nacional por parte de los permisionarios, solamente podrá efectuarse previo convenio celebrado con la Comisión Federal de Electricidad, cuando ello no ponga en riesgo la prestación del servicio público ni se afecten derechos de terceros. En dichos convenios deberá estipularse la contraprestación en favor de dicha entidad y a cargo de los permisionarios;
- 3) La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, oyendo la opinión de la Comisión Federal de Electricidad, podrá otorgar permiso para cada una de las actividades o para ejercer varias, autorizar la transferencia de los permisos e imponer las condiciones pertinentes de acuerdo con lo previsto en esta Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas, cuidando en todo caso el interés general y la seguridad, eficiencia y estabilidad del servicio público;



4) Los titulares de los permisos no podrán vender, revender o por cualquier acto jurídico enajenar capacidad o energía eléctrica, salvo en los casos previstos expresamente por esta Ley; y

5) Serán causales de revocación de los permisos correspondientes, a juicio de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, el incumplimiento de las disposiciones de esta Ley, o de los términos y condiciones establecidos en los permisos respectivos.

#### **IV.6.1.-Metodología para La Determinación de los Cargos por Servicios de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuentes de Energía Renovable.**

A continuación de una manera resumida se presenta la Metodología de Transmisión para Fuente de Energía Renovable que deberá seguir la Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro al calcular los cargos correspondientes a solicitudes de Servicios de Transmisión.

#### **IV.6.2.-Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables**

El objeto de este Contrato es realizar y mantener durante la vigencia del mismo, la interconexión entre el Sistema y la Fuente de Energía Renovable; así como establecer las condiciones generales para los actos jurídicos que celebren las

Partes relacionados con la generación y, en su caso, con la transmisión a sus

Puntos de Carga. Para los casos de Permisionarios que entreguen energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, o de entidades federativas o del gobierno federal con cualquier energía renovable del tipo intermitente o no intermitente, será aplicable el presente Contrato y Convenios asociados.

#### **IV.6.3.-Convenio para el Servicio de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuentes de Energía Renovables**

Objeto del Convenio. Establecer las bases, procedimientos, términos y condiciones para que el Suministrador proporcione al Permisionario el Servicio de Transmisión, para transportar la energía eléctrica de éste, que le entregue el Permisionario en el Punto de Interconexión, hasta el (los) Punto(s) de Carga con los siguientes límites de transmisión asociados a cada Punto de Carga en particular.

#### **IV.6.4.-Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticas.**

Artículo 12.- Para los efectos de la presente Ley, la SENER tendrá las siguientes facultades:

III. Otorgar y revocar permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de Bioenergéticos.

#### **IV.6.5.-Ley del Impuesto sobre la Renta**

Artículo 40. Los por cientos máximos autorizados, tratándose de activos fijos por tipo de bien son los siguientes:

XII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables.

Para los efectos del párrafo anterior, son fuentes renovables aquéllas que por su naturaleza o mediante un aprovechamiento adecuado se consideran inagotables, tales como la energía solar en todas sus formas; la energía eólica; la energía hidráulica tanto cinética como potencial, de cualquier cuerpo de agua natural o artificial; la energía de los océanos en sus distintas formas; la energía geotérmica, y la energía proveniente de



la biomasa o de los residuos. Asimismo, se considera generación la conversión sucesiva de la energía de las fuentes renovables en otras formas de energía.

Lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el que se efectúe la deducción, salvo en los casos a que se refiere el artículo 43 de esta Ley. Los contribuyentes que incumplan con el plazo mínimo establecido en este párrafo, deberán cubrir, en su caso, el impuesto correspondiente por la diferencia que resulte entre el monto deducido conforme a esta fracción y el monto que se debió deducir en cada ejercicio en los términos de este artículo o del artículo 41 de esta Ley, de no haberse aplicado la deducción del 100%. Para estos efectos, el contribuyente deberá presentar declaraciones complementarias por cada uno de los ejercicios correspondientes, a más tardar dentro del mes siguiente a aquél en el que se incumpla con el plazo establecido en esta fracción, debiendo cubrir los recargos y la actualización correspondiente, desde la fecha en la que se efectuó la deducción y hasta el último día en el que operó o funcionó la maquinaria y equipo.

#### IV.7.- MARCO JURÍDICO-AMBIENTAL.

##### IV.7.1.-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Evaluación del Impacto Ambiental)

ARTÍCULO 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

- II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;
- XI. Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;

ARTICULO 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

<b><i>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental</i></b>	INDUSTRIA ELÉCTRICA:
	I. Construcción de plantas nucleoelectricas, hidroelectricas, carboelectricas, geotermoelectricas, eoloelectricas o termoelectricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación



	<p>con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales;</p> <p>II. Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;</p> <p>III. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, y</p> <p>IV. Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW.</p> <p>Las obras a que se refieren las fracciones II a III anteriores no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas.</p>
<p><b><i>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Áreas Naturales Protegidas)</i></b></p>	<p>ARTÍCULO 64.- En el otorgamiento o expedición de permisos, licencias, concesiones, o en general de autorizaciones a que se sujetaren la exploración, explotación o aprovechamiento de recursos en áreas naturales protegidas, se observarán las disposiciones de la presente Ley, de las leyes en que se fundamenten las declaratorias de creación correspondiente, así como las prevenciones de las propias declaratorias y los programas de manejo.</p>
<p><b><i>Ley de Aguas Nacionales</i></b></p>	<p>ARTÍCULO 80. Las personas físicas o morales deberán solicitar concesión a “la Comisión” cuando requieran de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales con el objeto de generar energía eléctrica, en los términos de la ley aplicable en la materia.</p> <p>No se requerirá concesión, en los términos de los reglamentos de la presente Ley, para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales en pequeña Escala para generación hidroeléctrica conforme a la ley aplicable en la materia.</p>
	<p>ARTÍCULO 81. La explotación, el uso o aprovechamiento de aguas de subsuelo en estado de vapor o con temperatura superior a ochenta grados centígrados, cuando se pueda afectar un acuífero, requerirán de la concesión previa para generación geotérmica u otros usos, además de evaluar el impacto ambiental.</p>
<p><b><i>Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales</i></b></p>	<p>ARTICULO 119.- En las solicitudes de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales para la producción de fuerza motriz o energía eléctrica, el solicitante deberá presentar a “La Comisión” el proyecto constructivo que trate de desarrollar, la aplicación que se le dará, el sitio de</p>



	<p>devolución del agua y las acciones a realizar en materia de control y preservación de la calidad del agua y en materia de impacto ambiental, prevención y control de avenidas, y la no afectación de los flujos de las corrientes.</p> <p><i>ARTICULO 120.-</i> No se requerirá de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de agua, en los términos del artículo 80 de la “Ley”, cuando sea para generación de energía hidroeléctrica en pequeña escala, entendida como tal aquella que realizan personas físicas o morales aprovechando las corrientes de ríos y canales, sin desviar las aguas ni afectar su cantidad ni calidad, y cuya capacidad de generación no exceda de 0.5 Megavatios.</p> <p>Sin perjuicio de lo anterior, las personas físicas o morales a que se refiere este precepto deberán cumplir, en todo caso, con lo dispuesto en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.</p> <p><i>ARTICULO 121.-</i> “La Comisión” podrá aprovechar las aguas nacionales y la infraestructura hidráulica federal para generar energía eléctrica destinada a la prestación de los servicios hidráulicos federales a su cargo, y disponer de los excedentes, en los términos que señale la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica y su reglamento, conforme a lo dispuesto en el artículo 79 de la “Ley”.</p> <p><i>ARTICULO 122.-</i> “La Comisión” otorgará a la Comisión Federal de Electricidad sin mayor trámite, la asignación de aguas nacionales para la generación de energía eléctrica con base en la programación hidráulica a que se refiere el Título Tercero de la “Ley” y a las reservas decretadas para tal uso conforme al Título Quinto de la misma.</p>
	<p><i>ARTICULO 123.-</i> La coordinación en los estudios y programación que realicen la Comisión Federal de Electricidad y “La Comisión”, en los términos del artículo 78 de la “Ley”, se realizará en el seno de su respectivo órgano de gobierno y Consejo.</p>

## V.- EL BIODIGESTOR EN CD. DEL CARMEN.

### PROBLEMÁTICA.

Ciudad del Carmen es el municipio más importante del estado de Campeche, sin embargo el que más presenta problemas con la cuestión de la basura y una nula infraestructura de drenaje y alcantarillado para aguas residuales.

Ciudad del Carmen se establece como municipio a partir de 1915 y la base de su economía en ese tiempo era principalmente la pesca. En esos tiempos los gobiernos que legislaban el municipio no tenían idea de cuánto crecería la población por la influencia de Petróleos Mexicanos, al descubrir el gigantesco Yacimiento petrolero de Cantarell. Al ser una isla que carecía de infraestructura hidráulica, drenaje y saneamiento, se instalaban fosas sépticas para almacenar las aguas residuales, generadas por cada vivienda. El aumento tan acelerado de la población y mal distribuido en la isla, provocó que no se pudiera instalar alcantarillado y drenaje en la futura ciudad por lo que la solución en ese momento siguieron siendo las fosas sépticas. *Actualmente Cd. Del Carmen con una población promedio de 200, 000 habitantes tiene el problema del mal manejo del agua residual ya que actualmente tiene como disposición final y de manera clandestina, la laguna de términos y terrenos a las orillas de la isla, por lo que se generan focos de infección para la población, el turismo y el gran impacto ambiental que esto conlleva.*

### V.1.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES.

*Se propone un proyecto de inversión que consiste en la construcción de un biodigestor en las afueras de la ciudad.*



PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE BIOGAS.

Mediante la utilización de procesos biológicos anaerobios con muy bajo mantenimiento, donde será factible el secuestro de los Gases Efecto Invernadero, mediante la instalación de un biodigestor, que dará origen a una digestión anaerobia de la materia orgánica, logrando la estabilización completa del material residual y a su vez la obtención de un gas combustible (biogás).



Los problemas con las descargas de aguas residuales con altos contenidos de materia orgánica se verían considerablemente disminuidos, si estas fueran correctamente procesadas en plantas de tratamiento, donde cada vez se hace más necesario que se realice en sistemas cuya optimización tecnológica sea lo más similar posible a los procesos que ocurren cotidianamente en la naturaleza. Como por ejemplo, un biodigestor.

Además del tratamiento del agua residual y de la captura de las emisiones de Gases Efecto Invernadero la instalación de de un biodigestor nos ayudará a aprovechar el biogás como combustible para producir energía limpia.

## **V.2.-ETAPAS Y PROCESOS DEL PROYECTO.**

### **ETAPA 1: FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.**

Para medir la factibilidad del proyecto lo más importante es evaluar la calidad del agua residual que se obtenga de las fosas sépticas ya que esta será nuestra materia prima, es decir; se deben de tener condiciones físico-químicas óptimas que ayuden en la generación de bacterias metanogénicas, las cuales convertirán toda la materia orgánica en biogás, a través de un proceso de digestión.

Se mandaron a analizar tres muestras de agua residual extraídas a tres diferentes pipas que recorren diferentes colonias de la ciudad, las pipas se escogieron al azar. En la siguiente figura se muestra solo uno de los tres resultados.

Los parámetros que se necesitan medir en el agua residual para asegurarnos que la materia prima a utilizar podrá producir biogás, son los siguientes:

- DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO
- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO
- PH
- TEMPERATURA
- OXIGENO DISUELTO
- SULFATOS



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

**[[QV]]** Laboratorio de Calidad  
**QUIMICA VERACRUZANA, S.C.**  
Calle 40 Lote 105-A Casa 3, entre Calle 55 y 57, Col. Miami Cd. del Carmen, Campeche. Cp. 24115 Tel./Fax: 01(938) 131 01 57. Privado de Sar 17 No. 84, Orizaba, Veracruz Cp. 94300 Tel. 01 (272) 724 07 83 y 724 40 52 Fax Ext. 102.

**Informe Final de Resultados**

Cliente: SAIPSA  
Av. Luis Donaldo Colosio # 76, Colonia Francisco I. Madero, C.P. 24190, Ciudad del Carmen, Campeche

Muestra: Agua Residual No. 1, Punto de muestreo: Piga  
Muestreo realizado El Cliente el día Marzo 6 de 2010. Muestra recolectada con Frasco de plástico de 1 L. 1 por(s) 1.

Fecha de Muestreo: 2010/3/6 Hora de Muestreo: 10:00 h.

pH (unidades de pH)	Conductividad (µS/cm)	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Muestra (°C)

Observaciones muestreo: Instantáneo  
Clave de identificación: 00202/AR/CC/QV

Tipo de Análisis: FÍSICOQUÍMICO  
Fecha de Ingreso: Marzo 10 de 2010

"Este Informe de Resultados Corresponde Únicamente a la Muestra Analizada"

Determinación	Resultado	Unidades	Límite	Referencia
Conductividad	7700	µS/cm	N.A.	NMX-AA-093-SCTI-2001
Demanda Biológica de Oxígeno	5181,21	mg/L	200	NMX-AA-028-SCTI-2001
Industria 1 30°C, 5 días 5 días				
pH	5.17	u. pH	5-10	NMX-AA-008-SCTI-2000
Temperatura	23.0	°C	40	NMX-AA-007-SCTI-2001
Oxígeno Disuelto	0.00	mg/L	N.A.	NMX-AA-012-SCTI-2001

Observaciones: Límites Permisibles Máximos de Acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, Tabla 2 Aguas: Explotación Pesquera, Navegación y Otros usos P.D.

Ciudad del Carmen, Campeche a Marzo 17 de 2010

Responsable:  
**Osicy Soriano Aguilar**  
Siganario  
Laboratorio Acreditado No. AG-185-01-2006 (EMA) Vigencia de acreditación 2010 APROBACIÓN CNA-GCA-572

Fecha Inicio Análisis: 2010/3/10  
Fecha Final de Análisis: 2010/3/17  
Realizado por: NME /  
Revisado por: OSA

"Este informe de resultados no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización previa del Laboratorio"

44229670-9623-2880-4807-0702000-080  
Página 1 de 2  
Laboratorio acreditado ante la entidad mexicana de acreditación, A.C. Anexo 6 MC-PD-04

**[[QV]]** Laboratorio de Calidad  
**QUIMICA VERACRUZANA, S.C.**  
Calle 40 Lote 105-A Casa 3, entre Calle 55 y 57, Col. Miami Cd. del Carmen, Campeche. Cp. 24115 Tel./Fax: 01(938) 131 01 57. Privado de Sar 17 No. 84, Orizaba, Veracruz Cp. 94300 Tel. 01 (272) 724 07 83 y 724 40 52 Fax Ext. 102.

**Informe Final de Resultados**

Cliente: SAIPSA  
Av. Luis Donaldo Colosio # 76, Colonia Francisco I. Madero, C.P. 24190, Ciudad del Carmen, Campeche

Muestra: Agua Residual No. 1, Punto de muestreo: Piga  
Muestreo realizado El Cliente el día Marzo 6 de 2010. Muestra recolectada con Frasco de plástico de 1 L. 1 por(s) 1.

Fecha de Muestreo: 2010/3/6 Hora de Muestreo: 10:00 h.

pH (unidades de pH)	Conductividad (µS/cm)	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Muestra (°C)

Observaciones muestreo: Instantáneo  
Clave de identificación: 00202/AR/CC/QV

Tipo de Análisis: F.Q. / OR  
Fecha de Ingreso: Marzo 10 de 2010

"Este Informe de Resultados Corresponde Únicamente a la Muestra Analizada"

Determinación	Resultado	Unidades	Límite	Referencia
Demanda Química de Oxígeno	7100	mg/L	N.A.	NMX-AA-036-SCTI-2001
Sulfatos	200,75	mg/L	N.A.	Estándar Método 4500 SO 4-E-20 in Ed.

Observaciones: Límites Permisibles Máximos de Acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, Tabla 2 Aguas: Explotación Pesquera, Navegación y Otros usos P.D.

Orizaba, Veracruz a Marzo 17 de 2010

Responsable:  
**Osicy Soriano Aguilar**  
Siganario  
Laboratorio Acreditado No. AG-185-01-2006 (EMA) Vigencia de acreditación 2010 APROBACIÓN CNA-GCA-572

Fecha Inicio Análisis: 2010/3/10  
Fecha Final de Análisis: 2010/3/17  
Realizado por: NME /  
Revisado por: OSA

"Este informe de resultados no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización previa del Laboratorio"

44229670-9623-2880-4807-0702000-080  
Página 2 de 2  
Laboratorio acreditado ante la entidad mexicana de acreditación, A.C. Anexo 6 MC-PD-04

A continuación y de manera resumida se explican cada uno de los parámetros medidos en este análisis de laboratorio.

### DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO

La **demanda biológica de oxígeno** (DBO) es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días. Las condiciones naturales de temperatura, población biológica, movimiento del agua, luz solar y la concentración de oxígeno no pueden ser reproducidas en el laboratorio. Los resultados obtenidos deben tomar en cuenta los factores anteriores para lograr una adecuada interpretación.

### CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La **conductividad** es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química a la agricultura. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo. Con los instrumentos convencionales, la medida de la conductividad se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución. Las soluciones con conductividad alta producen corrientes más altas.



La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm).

#### *Conductividad del agua*

Agua pura: 0.055  $\mu\text{S/cm}$   
Agua destilada: 0.5  $\mu\text{S/cm}$   
Agua de montaña: 1.0  $\mu\text{S/cm}$   
Agua para uso doméstico: 500 a 800  $\mu\text{S/cm}$   
Máx. para agua potable: 10055  $\mu\text{S/cm}$   
Agua de mar: 52  $\mu\text{S/cm}$

#### DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

La **demanda química de oxígeno** (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros), que también se reflejan en la medida.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras

La DQO varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables. Es por esto que la reproductividad de los resultados y su interpretación no pueden ser satisfechas más que en condiciones de metodología de ensayo bien definida y estrictamente respetada.

#### **Comparación con la demanda biológica de oxígeno**

El valor obtenido es siempre superior a la demanda biológica de oxígeno (aproximadamente el doble), ya que se oxidan por este método también las sustancias no biodegradables. La relación entre los dos parámetros es indicativa de la calidad del agua. En las aguas industriales puede haber una mayor concentración de compuestos no biodegradables.

#### PH

El principio básico de la medida electrométrica del **pH** se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones hidrógeno. El método es aplicable a aguas potables, superficiales, y salinas, aguas residuales domésticas e industriales y lluvia ácida.

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en una sustancia.



La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones  $H^+$ ) y el número de iones hidroxilo ( $OH^-$ ). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7.

El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución. El pH es un factor logarítmico; cuando una solución se vuelve diez veces más ácida, el pH disminuirá en una unidad. Cuando una solución se vuelve cien veces más ácida, el pH disminuirá en dos unidades. El término común para referirse al pH es la alcalinidad.

## TEMPERATURA

Medir **la temperatura** en aguas residuales es de suma importancia, para saber si las condiciones fisicoquímicas son satisfactorias para la producción de una comunidad microbiana, que en este caso será producción de bacterias metanogénicas, temperaturas extremas detendría la reproducción de estas bacterias.

## OXIGENO DISUELTO (OD).

**El Oxígeno Disuelto (OD)** es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. *En este caso es favorable no tener contenido de oxígeno en el agua para el desarrollo de bacterias metanogénicas.*

## SULFATOS

Al igual que los cloruros, el contenido en sulfatos de las aguas naturales es muy variable y puede ir desde muy pocos miligramos por litro hasta cientos de miligramos por litros. Los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos o a la contaminación con aguas residuales industriales. El contenido de sulfatos no suele presentar problema de potabilidad a las aguas de consumo pero, en ocasiones, contenidos superiores a 300 mg/l pueden ocasionar trastornos gastrointestinales en los niños. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio pueden tener acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de los mismos en las aguas de bebida.

## ETAPA 2: MANEJO Y TRANSPORTE DE AGUA RESIDUAL

Se necesita contar con un promedio de 16 a 20 pipas de 10 m<sup>3</sup> c/u, por día, que circulen en diferentes colonias del municipio y extraigan por medio de bombas de succión el agua residual de cada fosa séptica, para que sea transportada y depositada en el biodigestor, mismo que ayudara a tener un perfecto control en la disposición final y así eliminar completamente los posibles focos de infección que han generado los depósitos clandestinos.

Además en una propuesta ampliada se sugiere también recolectar la materia orgánica que se produce en los mercados o desperdicios de comida en restaurantes y toda la sangre y carne muerta que se produce en los rastros. Es importante reiterar que el biodigestor transformara casi toda la materia orgánica en biogás es por eso que no hay que limitarse solo al agua residual, aunque por la cantidad de la población es suficiente.

La siguiente imagen muestra el diagrama muestra el sentido del proceso a seguir en esta etapa.

DIAGRAMA QUE MUESTRA LA RECOLECCIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LAS FOSAS SÉPTICAS.

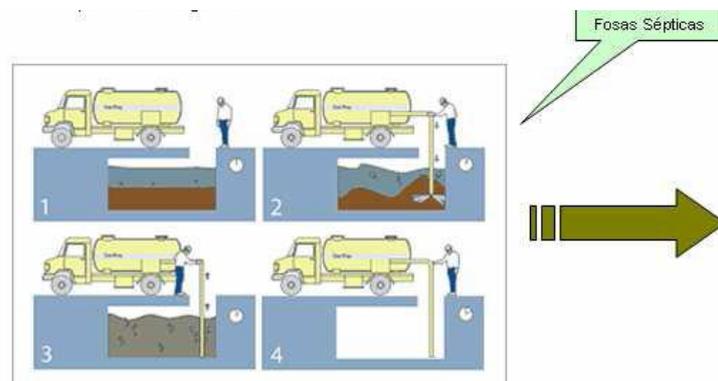
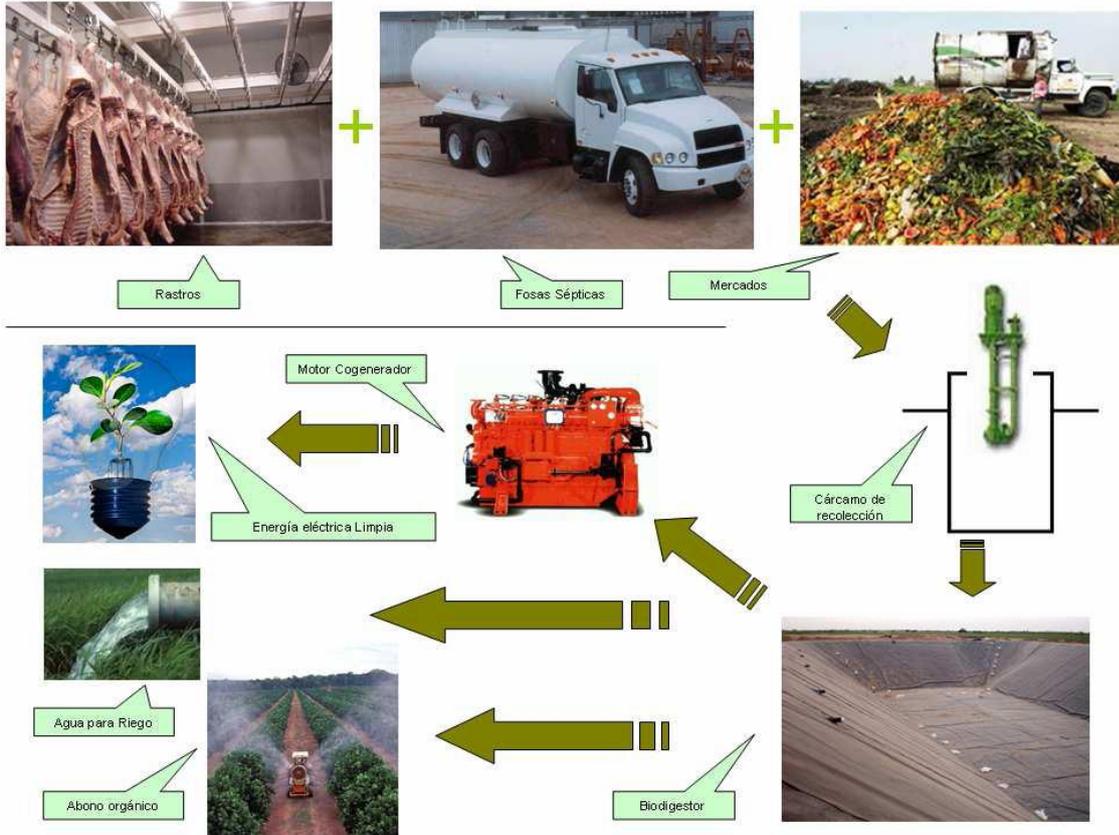


DIAGRAMA QUE MUESTRA LA RECOLECCIÓN DE AGUA RESIDUAL, MAS DESPERDICIOS ORGÁNICOS DE MERCADOS Y RASTROS.

Propuesta Ampliada



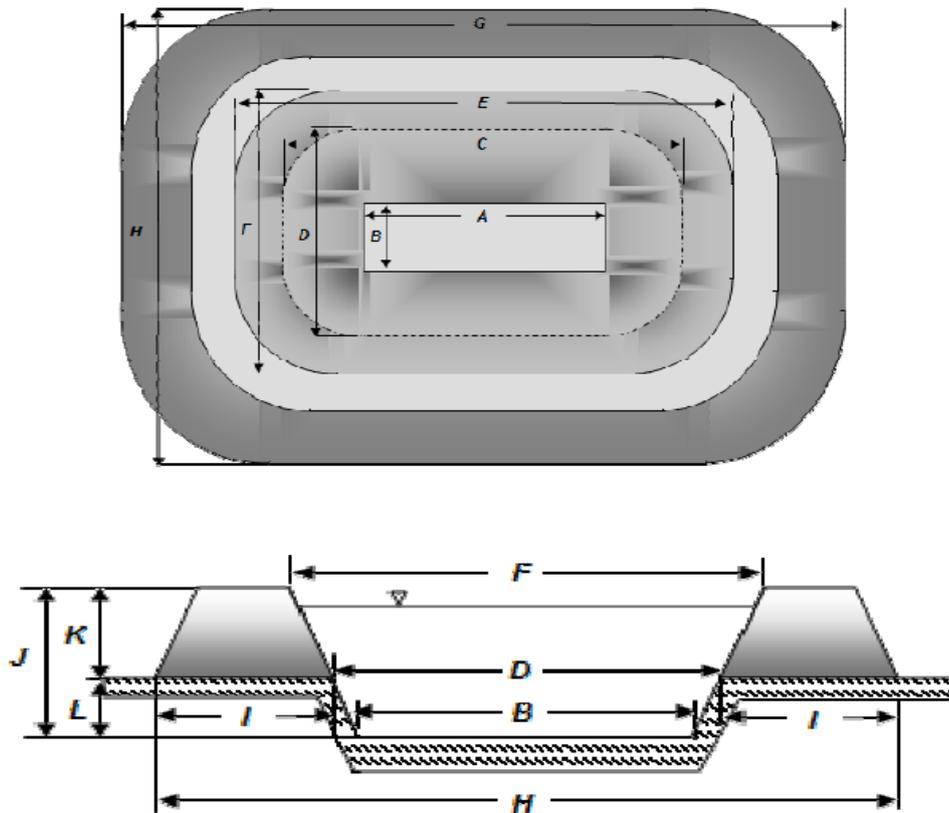
### V.3.-CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR.

La instalación de un biodigester no requiere altos costos de operación y mantenimiento como una planta de tratamiento de aguas residuales convencional donde se requiere una continua alimentación de productos químicos. Traduciéndose lo anterior en una reducción de costos de operación (O&M) y una vida útil muy amplia, así como ahorro en el consumo de combustibles, con la generación de energía renovable.

El biodigester propuesto se alimentará con  $Q = 160 \text{ m}^3/\text{día}$  de residuos que provienen de fosas sépticas (Podrán incorporarse Residuos Orgánicos de cualquier tipo).

La fase de construcción consiste en un biodigester de 1 Millón de Galones. (Dicho volumen cumple con el (HRT) tiempo de retención de sólidos óptimo para realizar una digestión anaerobia adecuada.)

El biodigester requerirá un terreno de  $3,700 \text{ m}^2$  (82 m. (G) X 45 m.(H) (Ver diagramas en corte y en planta anexos).



### V.3.1 FASES DE CONSTRUCCIÓN.

#### Fase 1. Movimiento de Tierras

CIVIL WORKS				Gravity	
Item	Description	Volume	Unit	Unit rate	Cost
<b>Preliminary</b>					
A.3	Surveying		m2		15,682.19 pesos
A.4	Cleaning of work area		m2		13,820.11 pesos
<b>Excavation</b>					
B.1	Excavation		m3		189,371.84 pesos
B.2	Transport of excavation product		m3		99,697.15 pesos
<b>Dike</b>					
C.1	Dike		m3		58,039.89 pesos
<b>Finishing</b>					
D.1	Surface preparation for liner		m2		109,850.57 pesos
G.1	Extra material for dike		m3		- pesos
D.2	Anchor Trench		m		138,703.72 pesos
<b>Total</b>					<b>625,165.48 pesos</b>



## Fase 2 Construcción de un biodigestor utilizando geomembrana (HDPE).

LINER WORKS				
Item	Description	Volume	Unit rate	Cost
<b>Liner</b>				
	Liner installation	m2		581,598.96 pesos
	Liner Rolls	m2		534,055.61 pesos
	Erosion Protection	rolls		299,495.80
	Baffles	m2		45,913.04 pesos
		each		45,913.04 pesos
			<b>Total</b>	<b>1,461,063.42 pesos</b>

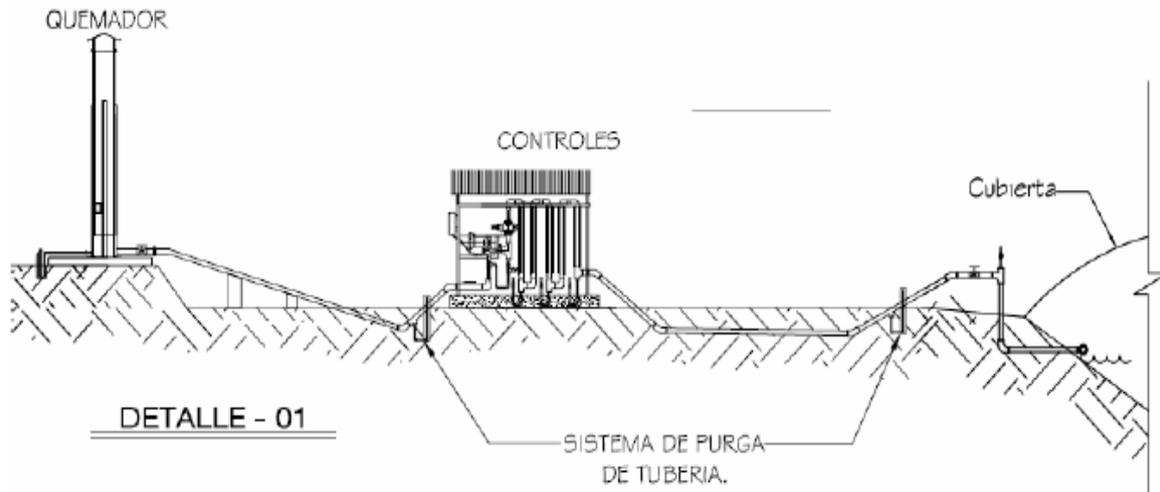




### Fase 3. (Sistema de Extracción de Biogás)

#### GAS HANDLING SYSTEM

Item	Description	Volume	Unit rate	Cost
<b>Flare</b>				
	Concrete pad	- each	3,795.00	- pesos
	Ground Flare	- each	84,000.00	- pesos
	Flare installation	- lot	1,552.50	- pesos
	Fence charger	- each	7,624.50	- pesos
<b>Gas Skid</b>				
	Concrete pad	1.00 each	3,059.00	3,059.00 pesos
	Skid	1.00 each	85,340.93	85,340.93 pesos
	Meter model 3M175	1.00 each	24,253.80	24,253.80 pesos
	Blower model	- each	28,174.20	- pesos
	Skid installation (includes "J" traps, sup	1.00 lot	20,000.00	20,000.00 pesos
	Pressure transducer	- each	3,191.25	- pesos
	Electrical installation	- lot	16,500.00	- pesos
<b>Total</b>				<b>132,653.73 pesos</b>



#### FASE 4. (Tubería de extracción de lodos)

##### MANURE MANAGEMENT SYSTEM

Item	Description	Volume	Unit	Unit rate	Cost
<b>Influent pipe</b>					
	Pipe	1.00	each	30,000.00	30,000.00 pesos
	Pump	1.00	each	-	- pesos
	Collector system	1.00	each	44,000.00	44,000.00 pesos
	Pump installation	1.00	lot	-	- pesos
	Electrical installation	1.00	lot	-	- pesos
<b>Efluent pipe</b>					
	Pipe	1.00	lot	30,000.00	30,000.00 pesos
<b>Sludge Removal pipe</b>					
	Pipe	181.00	m	242.00	43,802.00 pesos
<b>Total</b>					<b>147,802.00 pesos</b>

- El costo de la tubería de influente (Influent pipe) podría disminuir (\$30,000) o aumentar, todo dependerá del lugar dónde se ubique el colector de las excretas que alimentaran al biodigestor.
- El costo de la tubería de efluente (Efluent pipe) podría disminuir (\$30,000) o aumentar, dependiendo del lugar seleccionado para la descarga de las aguas residuales.



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.



**FINISHING WORKS**

Item	Description	Volume	Unit rate	Cost
<b>Landscaping</b>				
	Fence	332.00 m	270.00	89,638.86 pesos
	Seeding	603.06 m2	-	- pesos
<b>Total</b>				<b>89,638.86 pesos</b>



#### V.4.- CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS GENERADO.

La producción y composición del Biogás generado dentro del biodigestor está en función de diversos factores (temperatura del lugar donde se vaya a construir el Biodigestor, composición de los residuos orgánicos que alimentan al biodigestor, periodicidad de ingreso de los residuos orgánicos al biodigestor, etc.). Se estima una producción de 1,900 m<sup>3</sup>/día  $\pm$  16%.

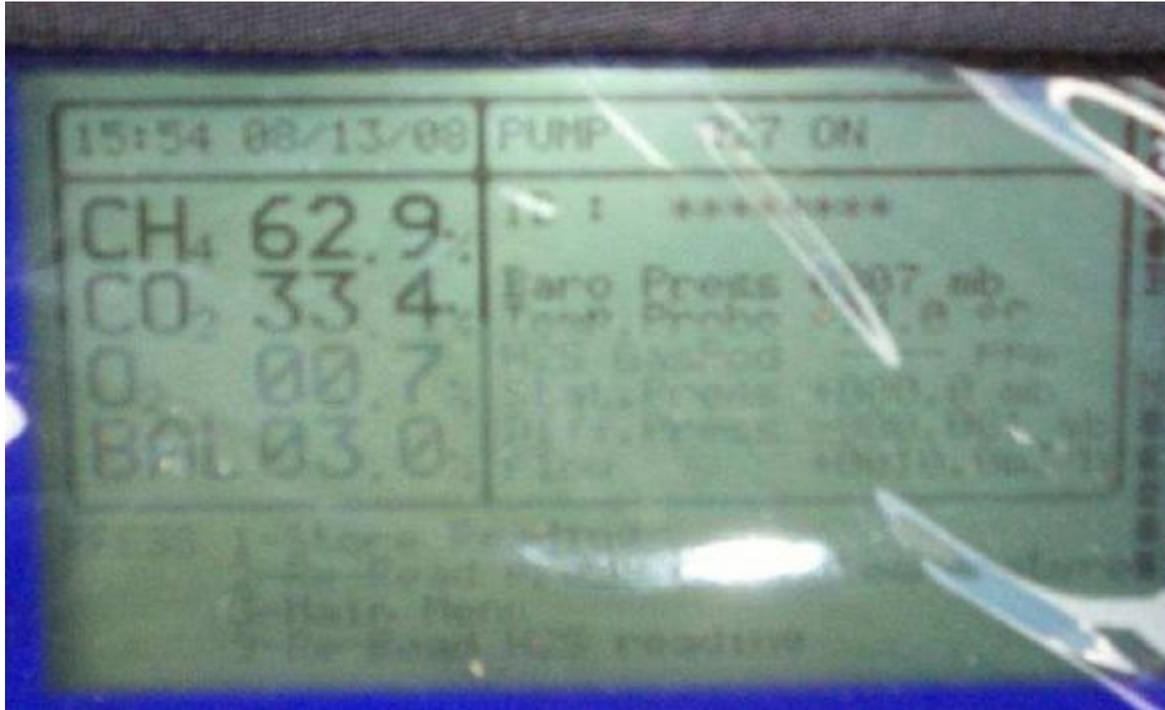
La literatura menciona que el biogás generado por procesos metanogénicas utilizando residuos (puros sin agentes químicos) que provienen de fosas sépticas tiene una concentración aproximada de:

- CH<sub>4</sub> 58%  $\pm$  6%
- CO<sub>2</sub> 33%  $\pm$  7%
- 3% - 12% de otros gases (H<sub>2</sub>S, vapor de agua, etc.)

## V.5.-ANÁLISIS FINANCIERO:

Con dicha producción de biogás, se podrán obtener: 6,900 bonos de carbono anuales que podrían representar \$47,000 USD adicionales al año (Utilizando un esquema de mercado voluntario CAR)

Ejemplo de obtención de la composición de biogás en un biodigestor que es alimentado con excremento porcino en una Granja en Reynosa Tamaulipas.



### Análisis Financiero:

- Costo estimado del proyecto: \$2,500,000.00 M.N. (Dos millones quinientos mil pesos 00/100) (Infraestructura).
- Aplicando una tarifa de \$60.00 M.N. (Sesenta pesos 00/100) por m<sup>3</sup> de disposición final en el biodigestor.
- En 8.5 meses (260 días) la inversión será recuperada.
- Generando a partir de ese momento ingresos mensuales de \$288,000.00 M.N.

(Doscientos ochenta y ocho mil pesos 00/100) (Sin considerar los ingresos extraordinarios que provienen de disponer además residuos de rastros o mercados) El biodigestor tendrá una vida útil de más de 40 años.

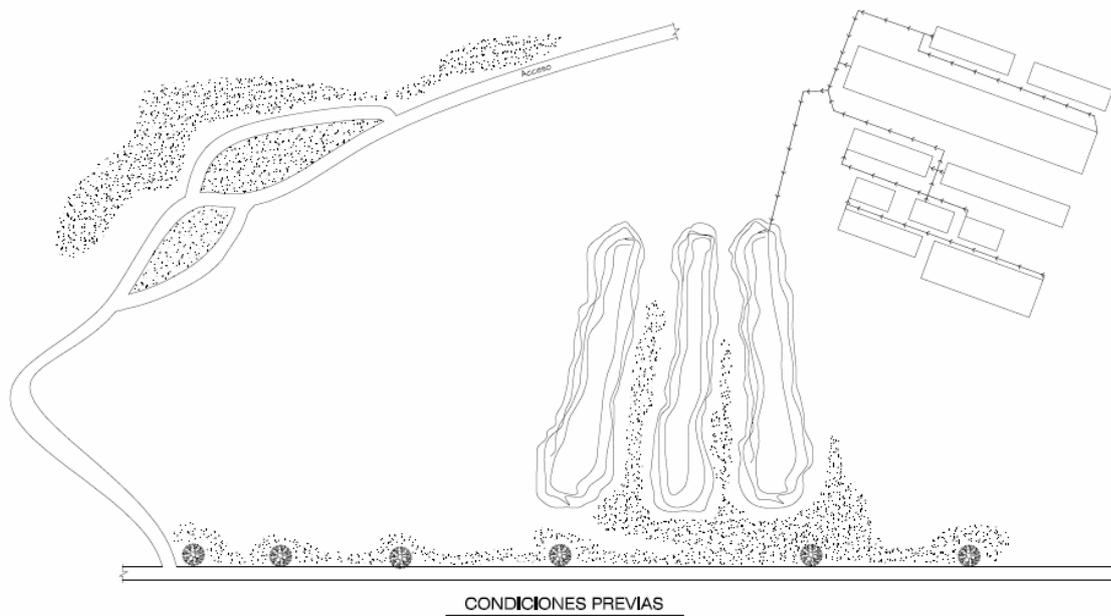


### Aprovechamiento de Biogás (Cogeneración).

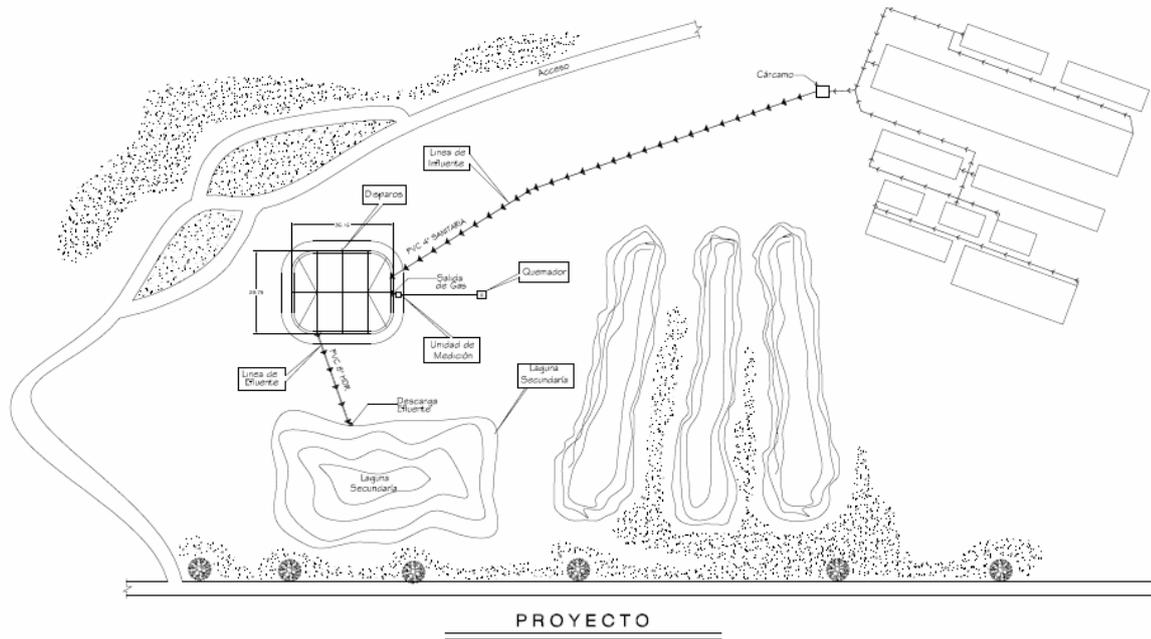
- Producción estimada: 1,900 m<sup>3</sup>/día
- Motor recomendado: G6.354.4
- Biogás necesario para su funcionamiento: 600m<sup>3</sup>/día
- Costo aproximado: \$26,000 USD con sincronizador
- Producción de energía: 60Kw.
- El biodigestor propuesto podría alimentar hasta 3 motores; cómo el sugerido y producir 180 Kw.

### V.6.- PLANOS DE LA EVOLUCIÓN DEL PROYECTO.

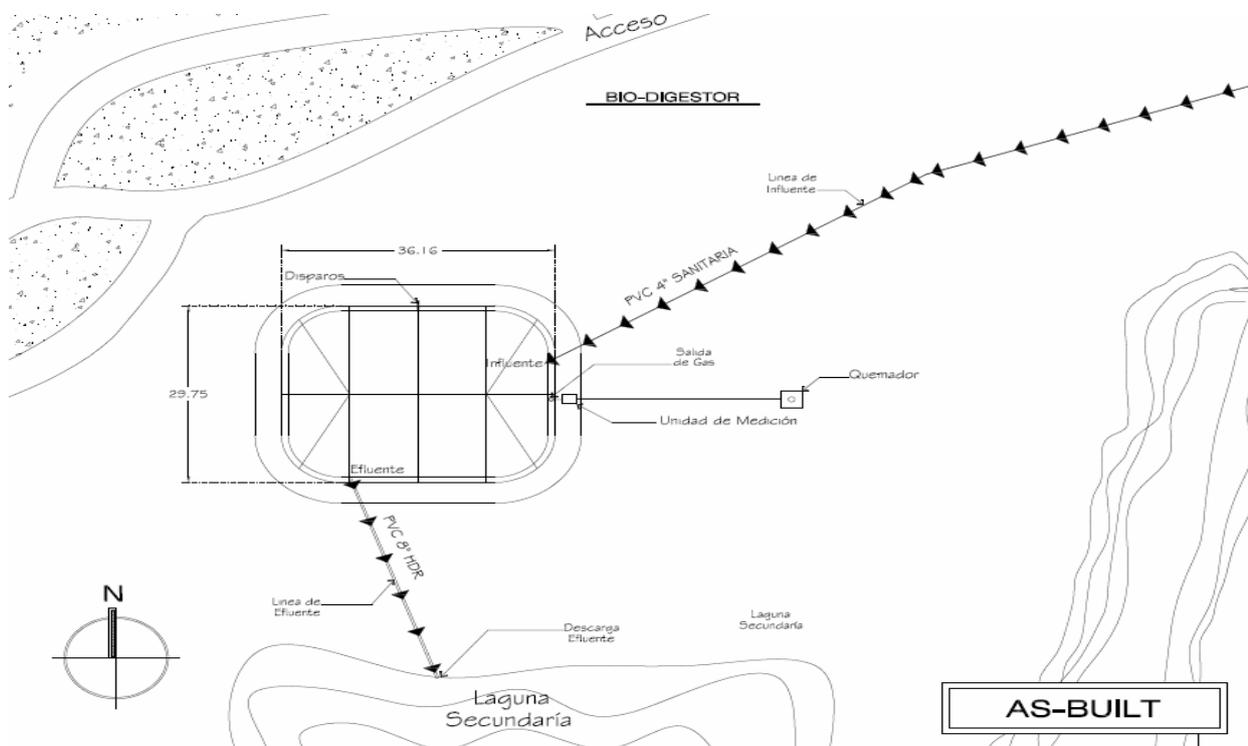
1.-



2.-



3.-





## CONCLUSIONES

Nuestro país se encuentra hoy en día en un contexto normativo, institucional y programático mucho más favorable que hace unos años para poder aprovechar los múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales de las energías renovables. En particular, contamos hoy en día con la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, que establece claramente la obligación para la Secretaría de Energía de evaluar los beneficios económicos netos que representa el aprovechamiento de estas fuentes de energía. Las energías renovables ocupan además un lugar muy importante en el Plan Nacional de Desarrollo.

La generación de electricidad es sin duda la aplicación de las energías renovables que tiene un mayor potencial para México. Este trabajo busca fomentar, por medio de un ejemplo específico la proveeduría nacional de equipos y nuevas tecnologías así como el desarrollo de capacidades locales en materia de energías alternas, para lograr avances rápidos y sustanciales, multiplicar los beneficios de estas tecnologías, y desarrollar la industria, se deben combinar las condiciones de regulación, financiamiento y desarrollo tecnológico que se identificaron como áreas de oportunidad.

Actualmente se están desarrollando un gran número de proyectos de este tipo en la modalidad de autoabastecimiento. El reto es ahora encontrar mecanismos para multiplicar los proyectos de generación para la entrega de electricidad a las empresas públicas. De este modo podremos hacer que el servicio público de energía eléctrica reciba los beneficios de las energías renovables, principalmente en términos de reducción de riesgos económicos. Para ello es necesario diseñar mecanismos de política pública que permitan cumplir cabalmente con el triple objetivo de reconocer y valorar los beneficios, adaptar los sistemas y mercados energéticos, y fomentar el flujo de información. Es en particular necesario que la valoración de los beneficios se traduzca en instrumentos financieros.

Debido a la falta de información adecuada sobre los potenciales de las energías renovables, así como sobre sus costos y sus beneficios directos e indirectos, la política pública debe considerar asimismo la realización de estudios para cubrir estas lagunas.

México enfrenta ahora el reto de diseñar instrumentos de política que permitan incentivar el desarrollo de las energías renovables, en particular en aquellos casos en los que los costos sean menores de los beneficios netos para el país en el largo plazo. Para construir un sistema de este tipo se requerirá de la colaboración del Poder Ejecutivo y Legislativo, de los distintos niveles de gobierno, de la iniciativa privada y de la población en general.

Por otro lado, la difusión de los sistemas internacionales de financiamiento y apoyo económico para las empresas que aprovechan las energías renovables será un elemento clave, tanto para la creación de nuevas empresas como para el desarrollo de las ya existentes. Los mecanismos nacionales pueden promover la atracción de IED al país e impulsar el crecimiento y la proyección de las empresas mexicanas a nivel internacional.

Finalmente, las ventajas que México ofrece en relación con otros países, tanto por sus tratados de libre comercio, como por sus condiciones económicas, laborales y manufactureras serán otro factor que impulse la industria de las tecnologías limpias, logrando simultáneamente un avance en materia económica.

El desarrollo de esta industria representará la creación de pequeñas y medianas empresas, generando nuevos empleos, impulsando el desarrollo científico y tecnológico y ampliando el intercambio comercial con otros países.



No obstante los recientes pasos a favor de las energías renovables, las dudas sobre si los fondos para la promoción de las ER y el uso eficiente de la energía serán realmente efectivos para lograr una transición energética en México, los expertos en las ER proponen que para realizar la transición energética con mayor rapidez y eficacia es necesario, entre otras acciones, promover a nivel legislativo la creación de una Comisión Nacional de las Energías Renovables

(CNER) que atienda la evaluación y promoción de las ER; de un Instituto Nacional de Energías Renovables (INER) que trabajando en red con todos los centros y grupos de investigación en las diferentes tecnologías, sea el brazo tecnológico de la CNER y contribuya al desarrollo de la tecnología mexicana que deberá dar soporte a la industria nacional emergente en el ramo. También se deberá elevar a rango constitucional el aprovechamiento de estas energías, y mandar por ley el establecimiento de las metas cuantitativas de mediano y largo plazo que habrán de alcanzarse.

El proyecto propuesto, de llevarse a cabo sería un rotundo éxito en todos los campos, como ambientales, energéticos y económicos, sobre todo por la cantidad de materia prima que se genera en toda la isla y sin contar las poblaciones vecinas que se encuentran en la misma problemática.

Esto se sustenta principalmente por las pruebas realizadas en el laboratorio aquí anexas, ya que los resultados son todos los óptimos y adecuados que necesita un biodigestor para poder producir el biogás, es decir; tenemos suficiente materia prima, la temperatura ambiente necesaria es mayor a los 25<sup>0</sup> C, no hay contaminación de sulfatos en las muestras que podrían matar a las bacterias metanogénicas, el PH de las muestras analizadas es óptimo y el más importante, la materia prima carece de oxígeno disuelto (ambiente anóxico), el principal medio para que la población bacteriológica pueda reproducirse y así producir el biogás.

El único inconveniente es que el nivel del agua subterránea es muy somero, así que se tiene que realizar movimiento de tierras para levantar más el terreno y elaborar bien un plan de manejo de residuos del propio biodigestor para o provocar nuevamente focos de infección y cumplir con las normas ambientales y de sanidad. Es de suma importancia para este proyecto que intervenga la iniciativa pública y privada, de no ser así el proyecto se pudo verse frenado o incluso no realizado.

El que escribe piensa que es muy importante, casi vital, para la difusión de energía renovables que se enseñen en las escuelas desde primarias hasta universidades, obvio con el nivel indicado en cada una de ellas, porque el pueblo mexicano al comprender el uso de estas, estoy seguro que podrán ubicar sin mayor problema lugares donde se pueda aplicar el uso de las energías limpias, como fue en particular este caso, ya que actualmente este tema solo lo maneja un grupo selecto de la ciencia y la política.



## ANEXOS

### GLOSARIO DE TERMINOS<sup>1</sup>

Bbl	Barril
BP	British Petróleum
BPCE	Barriles de Petróleo Crudo Equivalente
CFE	Comisión Federal de Electricidad
Cias.	Compañías
CNGM	Costa Norte del Golfo de México.
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono
CONAGUA	Comisión Nacional de Agua
CONUEE	Comisión Nacional para el uso eficiente de Energía.
CRE	Comisión Reguladora de Energía
EIA	Energy Información Administración
Ej.	Por ejemplo
ENIGH	Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares
FCC	Fluid catalytic cracking
GAS LP	Gas licuado de petróleo
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
Cg	Gigagramos
GW	Giga watts
GWh	Gigawatts-hora
H	Honorable
HFC	Hidrofluorocarbono
HSK	Hydroskimming
IEA	International Energy Agency
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática.
Km	Kilómetros
KWh	Kilowatt-hora
LLS	LIGHT LOUSIANA SWEET
LOAPF	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
LPG-DUCTO	Ducto para transporte de gas LP.
MMBD	Millones de Barriles diarios.
MMBPCE	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente.



MMMBPCE	Miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente.
MMPCD	Millones de pies cúbicos diarios.
MMMPCD	Miles de millones de pies cúbicos diarios.
MMTkm	Millones de toneladas por kilometro
MW	Megawatts
MWh	Megawatts hora
OCDE	Cooperación and Development
PCD	Pies cúbicos diarios
PA	Por año
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PEP	Pemex Exploración y Producción
PIB	Producto Interno Bruto
PJ	Peta Joule
PND	Plan Nacional de Desarrollo
R/P	Relación reservas/producción
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SENER	Secretaria de Energía
SF	Fluoruro de Azufre
SHCP	Secretaria de Hacienda y Crédito Publico
SNG	Sistema nacional de Gasoductos
SNR	Sistema nacional de Refinación
TACC	Tasa anual de crecimiento compuesto
Tco <sub>2</sub> <sup>e</sup>	Toneladas de bióxido de carbono equivalente
TEP	Toneladas equivalentes de petróleo
Tg	Teragramos
TIU	Tiempo de Interrupción por Usuario
Ton-Km	Toneladas por Kilometro
TWh	Tera watt-hora
USD	Dólares americanos
\$	Pesos mexicanos.

1.-Glosario tomado del doc. (Estrategia Nacional de Energía).

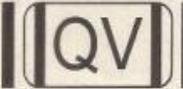


USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

ANÁLISIS DE LABORATORIO.



## Laboratorio de Calidad QUIMICA VERACRUZANA, S.C.

Calle 40 Lote 105-A Casa 3, entre Calle 55 y 57, Col. Miami Cd. del Carmen, Campeche Cp. 24115 Tel/Fax: 01(938) 131 01 57.  
Privada de Sur 17 No. 84, Orizaba, Veracruz Cp. 94300 Tel. 01 (272) 724 07 83 y 724 40 52 Fax Ext. 102.

**Informe Final de Resultados**

**Cliente:** SAIPSA  
Av. Luis Donaldo Colosio # 76, Colonia Francisco I. Madero, C.P. 24190, Ciudad del Carmen, Campeche

**Muestra:** Agua Residual No. 1, Punto de muestreo: PIPA  
Muestreo realizado El Cliente el día Marzo 6 de 2010. Muestra recolectada con Frasco de plástico de 1 L 1 pza(s) ( ).

Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	pH (unidades de pH)	Conductividad (µS/cm)	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Muestra (°C)
2010/3/6	10:00 h.	-	-	-	-

**Observaciones muestreo:** -

**Tipo muestreo:** Instantaneo      **Tipo de Análisis:** F.Q. / OR  
**Clave de identificación:** 00202/AR/CC/QV      **Fecha de Ingreso:** Marzo 10 de 2010

\*Estos Resultados Corresponden Únicamente a la Muestra Analizada\*

Determinación	Resultado	Unidades	Límite	Referencia
Demanda Química de Oxígeno	7100	mg/L	N.A.	NMX-AA-030-SCFI-2001
Sulfatos <small>Método turbidimétrico</small>	200,75	mg/L	N.A.	Estándar Métodos 4500 SO 4-E, 20 th Ed.

**Observaciones:** Límites Permisibles Máximos de Acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, Tabla 2 Aguas, Explotación Pesquera, Navegación y Otros usos P.D.

**Orizaba, Veracruz a Marzo 17 de 2010**  
**Responsable**  
  
**Oscar Soriano Aguilar**  
Signatario

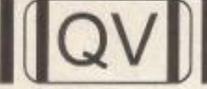
Laboratorio Acreditado No. AG-206-037/08 (EMA) Vigencia de acreditación 2012 / Aprobación CNA-GCA-573  
Laboratorio Acreditado No. A-040-016/08 (EMA) Vigencia de acreditación 2012

\*Este informe de resultados no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización previa del Laboratorio\*

AA204955-5683-2009-AD27-0725D2DC3BC
Anexo 8 MC-PO-1.1  
Página 2 de 2

Laboratorio acreditado ante la entidad mexicana de acreditación, A.C.      Anexo 8 MC-PO-1





## Laboratorio de Calidad QUIMICA VERACRUZANA, S.C.

Calle 40 Lote 105-A Casa 3, entre Calle 55 y 57, Col Miami Cd. del Carmen, Campeche Cp. 24115 Tel/Fax: 01(938) 131 01 57.  
Privada de Sur 17 No. 84, Orizaba, Veracruz Cp. 94300 Tel. 01 (272) 724 07 83 y 724 40 52 Fax Ext. 102.

**Informe Final de Resultados**

**Cliente:** SAIPSA  
Av. Luis Donaldo Colosio # 76, Colonia Francisco I. Madero, C.P. 24190, Ciudad del Carmen, Campeche

**Muestra:** Agua Residual No. 1, Punto de muestreo: Pipa  
Muestreo realizado El Cliente el día Marzo 6 de 2010. Muestra recolectada con Frasco de plástico de 1 L. 1 pza[s] ( ).

Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	pH (unidades de pH)	Conductividad (µS/cm)	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Muestra (°C)
2010/3/6	10:00 h.				

**Observaciones muestreo:**

**Tipo muestreo:** Instantaneo      **Tipo de Análisis:** FISICOQUÍMICO  
**Clave de identificación:** 00202/AR/CC/QV      **Fecha de Ingreso:** Marzo 10 de 2010

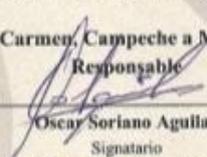
"Estos Resultados Corresponden Únicamente a la Muestra Analizada"

Determinación	Resultado	Unidades	Límite	Referencia
Conductividad	7760	µS/cm	N.A.	NMX-AA-093-SCFI-2001
Demanda Bioquímica de Oxígeno <small>(incubación a 20°C durante 5 días)</small>	5181,21	mg/L	200	NMX-AA-028-SCFI-2001
pH	5,12	u. pH	5-10	NMX-AA-008-SCFI-2000
Temperatura	25,0	°C	40	NMX-AA-007-SCFI-2001
Oxígeno Disuelto	0,00	mg/L	N.A.	NMX-AA-012-SCFI-2001

**Observaciones:** Límites Permisibles Máximos de Acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, Tabla 2 Aguas; Explotación Pesquera, Navegación y Otros usos P.D.

**Ciudad del Carmen, Campeche a Marzo 17 de 2010**

**Responsable**



**Oscar Soriano Agullar**  
Signatario

Laboratorio Acreditado No. AG-105-012/06 (EMA), Vigencia de acreditación 2010  
APROBACIÓN CNA-GCA-572

Fecha Inicio Análisis: 2010/3/10  
Fecha Final de Análisis: 2010/3/17  
Realizado por: NMR  
Revisado por: OSA

"Este informe de resultados no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización previa del Laboratorio"

4A20MR3-58E3-2BRF-AB27-0725D06C3BC
Anexo 8 MC-PO-1.1  
Página 1 de 2

Laboratorio acreditado ante la entidad mexicana de acreditación, A.C.

Anexo 8 MC-PO-1



## BIBLIOGRAFÍA.

- Claudio A. Estrada Gasca. Jorge Islas Samperio. Energías Alternas. Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México. México mayo del 2010
- Estrategia Nacional de Energía. Secretaría de Energía. Febrero del 2010.
- Políticas y Medidas de Fomentar la Integración Nacional de Equipos y componentes para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el uso sustentable de la energía. Secretaría de Energía. Agosto del 2009.
- Diario oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación. Primera Sección, jueves 16 de abril de 2009.
- Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la Transición energética. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría de servicios Parlamentarios. Centro de Documentación, Información y Análisis. Nueva Ley DOF28-11-2008.
- Ley de promoción y desarrollo de los Bioenergéticos. Cámara de Diputados del H. congreso de la Unión. Secretaría de servicios Parlamentarios. Centro de Documentación, Información y Análisis. Nueva Ley DOF01-02-2008.
- Programa para la Seguridad Nacional 2009-2012. Poder Ejecutivo. Secretaría de Gobernación. Primera Sección. Jueves 20 de Agosto del 2009.
- Rubén José Dorantes Rodríguez. Las Energías Renovables y la Seguridad Energética Nacional. 25 de septiembre de 2008. México D.F.
- Georgina Kessel Martínez., Jordy Herrera Flores, et al. Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. Secretaría de Energía. SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO. México 2009.
- Octavio Montúfar Aviles. Uso de Biogás en el Sector Agropecuario de México y Opciones de Financiamiento. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Abril 2008.
- Héctor Miranda. Biogás (Substratos, desarrollo de la técnica y costos). Ingenieurburo fur Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher Technik GmbH. D-28 217 Bremen Alemania.
- Brian Guzzone y Duane Muller. Manual de Usuario Modelo Mexicano de Biogás. Versión primera. Artículo preparado para SEDESOL, IIE, CONAE. Noviembre del 2003.



- Claudio Alatorre Frenk. Energías Renovables para el desarrollo Sustentable en México. Secretaría de Energía. Insurgentes Sur 890, Col del Valle. Impreso en México, Edición septiembre 2009.
- LE BAROMETRE BIOGAS. EurObserv'er. Systemes Solaires- Le journal des Energies Renouvelables. Mayo 2007.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Comisión Nacional de Áreas Protegidas. Publicada en D.F de fecha 28 de Enero de 1998.
- UNFCCC.CoP3: «Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Tercer Periodo de Sesiones», celebrada en Kyoto del 1 al 11 de diciembre de 1997. «Medidas adoptadas por la conferencia de las partes en su tercer periodo de sesiones». 25 de marzo de 1998. (<<http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop3/g9860818.pdf>>).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1992 (<<http://unfccc.int/>>).
- Eguren, Lorenzo: «El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: Balance y perspectivas». CEPAL-División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Serie Medio Ambiente y Desarrollo n.º 83, 2004.
- Pronote, Gao: «The Kyoto Protocol and the Emerging Carbon Market». UNCTAD/Earth Council Carbon Market Programme. Govida Corporation, febrero del 2002.
- The e7 Guide to Implementing Projects under the Clean Development Mechanism. e7 Climate Change Working Group, September del 2003.
- El mecanismo de Desarrollo Limpio. Guía Práctica para Desarrolladores de Proyectos. Autoridad Nacional del MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio)-CONAM. Lima Perú.2004.
- Sarwatt S V, Lekule F P and Preston T R 1995 Biodigesters as means for introducing appropriate technologies to poor farmers in Tanzania. Electronic Proceedings. 2nd Intl. Conference on Increasing Animal Production with Local Resources, Zhanjiang, China, p.6.
- Soeurn Than 1994 Low cost biodigesters in Cambodia. In: Proceedings of National Seminar-workshop "Sustainable Livestock Production On Local Feed Resources" (Editors: T R Preston, Le Viet Ly, Luu Trong Hieu and Brian Ogle) Ho Chi Minh City, November 22 - 27, 1993 pp: 81-90
- Solarte A 1995 Sustainable livestock systems based on local resources: CIPAVs experiences. Electronic Proc. 2nd Intl. Conference on Increasing Animal Production with Local Resources, Zhanjiang, China, p.2
- Reservas de hidrocarburos al primero de Enero del 2010. Dirección Corporativa de Finanzas. Pemex Exploración y Producción.



- LA SEGURIDAD ENERGETICA EN EL SIGLO XXI. LOS NUEVOS ACTORES EL GAS NATURAL Y LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA. CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOPOLITICAS EN ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE. Miguel García Reyes. México 2009.
  - LA NUEVA REVOLUCIÓN ENERGETICA, (su impacto en la geopolítica y la seguridad internacional). Miguel García Reyes. México 2007.
  - CUBA CAIDA Y RECUPERACIÓN. El nuevo potencial científico y tecnológico. Miguel García Reyes.
  - RUSIA EN EL SIGLO XXI. La nueva cultura democrática. Miguel García Reyes.
  - ESTADOS UNIDOS PETROLEO Y GEOPOLITICA. Las estrategias petroleras como instrumento de reconfiguración política. Miguel García Reyes.
  - EL NUEVO ORDEN PETROLERO GLOBAL. El mercado de los nuevos monopolios. Miguel García Reyes.
  - AJUSTE ESTRUCTURAL Y POBREZA. La transformación económica de la sociedad mundial contemporánea. Miguel García Reyes.
  - CUBA EN LA ERA POST SOVIETICA. Miguel García Reyes.
  - DE LA UNION SOVIETICA A LA COMUNIDAD DE ESTADOS INDEPENDIENTES: El tránsito hacia una economía de mercado. Miguel García Reyes.
1. DOCUMENTOS Y BIBLIOGRAFÍA EN LINEA.
- <http://www.siicex.gob.mx/portalSiicex/SICETECA/SICETECA.html>
  - ([http://www.sener.gob.mx/webSener/res/0/Mecanismos\\_financiamiento.pdf](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/0/Mecanismos_financiamiento.pdf))
  - [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/-webdev/documents/publication/wcms\\_098489.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/-webdev/documents/publication/wcms_098489.pdf)
  - <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/0/Programa%20Energias%20Renovables.pdf>
  - [http://www.erec.org/fileadmin/erec\\_docs/Documents/Publications/Renewable\\_Energy\\_Technology\\_Roadmap.pdf](http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/Renewable_Energy_Technology_Roadmap.pdf)
  - [www.pemex.com.mx](http://www.pemex.com.mx)



USO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA  
PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



EL CASO DE UN BIODIGESTOR EN EL KM 17 DE CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

---

..