



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA GRANJA PORCICOLA
MESA DEL SERI, EN HERMOSILLO SONORA, PARA LA GENERACIÓN
DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA SU AUTOABASTECIMIENTO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

EN ENERGIA

P R E S E N T A :

JUAN CARLOS CORDOVA MONTAÑO



TUTOR:

DR. GABRIEL LEON DE LOS SANTOS

2011

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. José Luis Fernández Zayas

Secretario: Dr. Gabriel León de Los Santos

Vocal: Dr. Arturo Guillermo Reinking Cejudo

1er Suplente: Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

2do Suplente: Dr. William Vicente y Rodríguez

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

HERMOSILLO, SONORA, MEXICO

TUTOR DE TESIS:

DR. GABRIEL LEON DE LOS SANTOS

FIRMA

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres José y Esperanza, que con su ejemplo inquebrantable de lucha en la vida, han sembrado en mí los valores necesarios para sacar adelante los obstáculos, disfrutar las satisfacciones y enfrentar mis responsabilidades, que me he encontrado y trazado en mi vida personal y profesional.

A mi esposa Irene que ha sabido acompañarme, amarme, atenderme y aguantar todos los objetivos que me he planteado, sin dejar a un lado la gran responsabilidad que ella tiene para con la familia que hemos formado y a la cual se ha entregado incondicional e incansablemente por los últimos quince años.

A mis princesas Carolina, Paulina y Cristina que tanto me admiran y a las cuales tengo la obligación de dejarles todos los ejemplos de los frutos que he cosechado, para que en su vida se den cuenta que deben esforzarse para lograr cada una de las metas que se propongan y que realmente valen.

A mis Instituciones profesionales del Tecnológico de Hermosillo y la Universidad Nacional Autónoma de México, que me han entregado las herramientas del conocimiento necesarias para hacer frente a mi profesión.

A mis maestros y tutores de la carrera y maestría por apoyarme y guiarme en el camino del conocimiento, que sin ellos no es fácil orientarse para encontrar la luz del aprendizaje.

A mi empresa Comisión Federal de Electricidad, porque siempre me ha permitido la oportunidad de prepararme y darme la formación necesaria para desempeñarme profesionalmente, alcanzar metas y a la cual he dedicado ya una gran parte de mi vida siendo además mi tercera escuela.

CONTENIDO

I.	Introducción	v
	Resumen	vii
II.	Objetivos General y específicos.	viii

CAPITULO 1. Aspectos energéticos, técnicos, económicos y medioambientales

	Introducción	2
1.1.	Energías renovables	2
	1.1.1. Energía Solar Térmica.	3
	1.1.2. Energía Solar Fotovoltaica	3
	1.1.3. Energía Eólica	4
	1.1.4. Biomasa	5
	1.1.5. Hidroeléctrica	5
	1.1.6. Energía Mareomotriz	6
	1.1.7. Energía Geotérmica	6
1.2.	Energía de la Biomasa	7
	1.2.1 Aprovechamiento	7
	1.2.2 Potencial energético del estiércol ganadero en México	9
1.3.	Medio ambiente y Mecanismos de Desarrollo Limpio.	9
	1.3.1 Importancia de la conservación del medio ambiente	9
	1.3.2 Artículo 12 del Protocolo de Kyoto.	11
1.4.	Autoabastecimiento a nivel mundial y en México	13
	1.4.1. Energía del estiércol porcino	15
1.5.	Tecnologías de procesamiento energéticos de los residuos porcícolas	17
	1.5.1. Composteo	17
	1.5.2. Generación de biogás	18
	1.5.3. Aprovechamiento directo de Biogás para calefacción.	19
1.6.	Tecnologías de generación eléctrica con biogás	20
	1.6.1. Biogás en rellenos sanitarios	20
	1.6.2. Biogás de residuos de alcohol de caña	21
	1.6.3. Motores Stirling con discos parabólicos	21
	1.6.4. Biomasa en cogeneración	22
	1.6.5. Ciclo combinado con biogás	23
	1.6.6. Turbina de gas con biogás	23
	1.6.7. Motor de combustión interna	24
	1.6.8. Microturbinas	25
1.7.	Conclusiones	26

CAPITULO 2. Caracterización de los requerimientos energéticos de la granja

	Introducción	28
2.1.	La Granja "Mesa del Seri" y la comunidad vecina.	29
2.2.	Inventario de instalaciones de la granja "Mesa del Seri".	29

2.3.	Producción mensual de carne de cerdo	30
2.4.	Población de cerdos por edades.	30
2.5.	Determinación de cantidad de excretas por cerdo	30
2.6.	Necesidades de energía eléctrica y térmica de la granja.	33
2.7.	Costos de los consumos energéticos de los servicios actuales	34
2.8.	Conclusiones	35

CAPITULO 3. Potencialidad de la producción de energía de los residuos

	Introducción	37
3.1.	Tecnologías de procesamiento de los residuos porcícolas	37
	3.1.1. Métodos Físicos.	37
	3.1.2. Evaporación en balsas	38
	3.1.3. Lagunas Anaerobias	38
	3.1.4. Digestores de Fermentación anaeróbica	39
	3.1.5. Compostaje	40
3.2.	Potencialidad de producción de energía de los residuos	42
3.3.	Cálculo del digestor	48
3.4.	Cálculo de la energía eléctrica bruta diaria.	50
3.5.	Selección del equipo para convertir la energía de los residuos en energía eléctrica y térmica	53
3.6.	Cálculo de la energía térmica disponible del sistema	54
3.7.	Cálculo de la generación anual	56
3.8.	Cálculo del Factor de Planta	56
3.9.	Cálculo del consumo de servicios propios de la granja	57
3.10.	Energía disponible descontando el Autoabastecimiento.	57
3.11.	Conclusiones	58

CAPITULO 4. Análisis económico-financiero del proyecto de inversión

	Introducción	60
4.1.	Investigación de mercado equipos, materiales, mano de obra y costos	60
4.2.	Costos de Operación del Proyecto y de financiamiento	61
4.3.	Indicadores económicos de viabilidad	64
	4.3.1 Método del Valor Anual Equivalente	65
	4.3.2 Método del Valor Presente VPN	65
	4.3.3 Relación Beneficio Costo B/C	66
	4.3.4 Tasa Interna de Rendimiento TIR	66
	4.3.5 Periodo de Recuperación del Capital PR	66
	4.3.6 Ingresos y costos del proyecto como MDL	69
	4.3.7 Análisis de Sensibilidad	73
4.4.	Conclusiones	74

	Conclusiones	77
	Anexos	80
	Referencias	92
	Índice tablas	94
	Índice figuras	95
	Lista de Acrónimos	96

I. Introducción

En el contexto energético actual, los beneficios económicos de las energías renovables han adquirido una creciente relevancia, pues éstas contribuyen a reducir los riesgos asociados con la volatilidad de precios, diversificando el portafolio energético, además de reducir el impacto ambiental e impulsar el desarrollo sustentable en el país. Es especialmente relevante la contribución de estas fuentes al desarrollo social en áreas donde la energía convencional es económicamente inviable, tal es el caso de las zonas rurales que se encuentran apartadas de la red eléctrica. A pesar de contar con reservas de combustibles fósiles, se debe impulsar el uso de fuentes alternas de energía, aprovechando el importante potencial que se tiene para la generación de energía a partir de fuentes como la solar, la eólica, la minihidráulica y la biomasa.

El presente proyecto intenta mostrar que los residuos de una granja porcícola son una fuente renovable de energía y que tienen la oportunidad de aprovecharse ya sea por los incentivos a manera local, como global, así como autoabasteciéndose con la energía generada y sustituir la energía eléctrica adquirida vía la Red eléctrica y que ya está consumiendo para los servicios propios de la instalación.

Por otra parte, los nuevos contratos de interconexión que se aplicarán para las energías renovables y cogeneración, fueron publicados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en el Diario Oficial de la Federación el pasado 8 de Abril de 2010. La CRE continúa desarrollando instrumentos regulatorios para dar una mayor certidumbre a las inversiones en proyectos de energías renovables, como es el caso de los esquemas de pago de contraprestaciones a generadores, entre otros.

Algunos de los estímulos e incentivos con los que cuenta actualmente este tipo de proyectos, son los siguientes:

- El incentivo fiscal establecido en el Artículo 40 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta que permite la depreciación acelerada del 100% de los activos fijos para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables.
- A partir de 1996¹ se deduce el 100 por ciento del monto de las inversiones en equipo para prevenir y controlar la contaminación ambiental.
- Arancel cero, contemplado en la Tarifa del Impuesto General de Importación y Exportación (TIGIE), a equipos que prevengan la contaminación y para la investigación y desarrollo tecnológico.
- Los proyectos son susceptibles de obtener su registro como Mecanismos de Desarrollo Limpio y, de esta forma, obtener bonos de carbono que se pueden llegar a comercializar en el mercado.
- El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de SAGARPA, otorga apoyos a proyectos para pequeños productores de agro negocios que incorporen energías renovables.

Contando México con un potencial importante de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de captura de carbono, que podría traducirse en oportunidades para desarrollar proyectos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y otros esquemas similares, dichos proyectos podrían aportar el ingreso de fondos adicionales a

¹ Instituto Nacional de Ecología. (s.f.). *Gaceta 163, La Política fiscal en México y los nuevos instrumentos de política ambiental*. Recuperado el Julio de 2011, de www2.ine.gob.mx.

sectores estratégicos y actividades prioritarias del país, así como constituir vías para la transparencia de tecnologías apropiadas.

Por lo tanto como resulta de gran importancia la creación de una instancia de coordinación permanente en la que participen las dependencias y entidades competentes para impulsar la generación de proyectos MDL que tengan como propósito combatir el cambio climático global y colaborar con el desarrollo sustentable de México, se publicó en el Diario Oficial de la Federación del 23 de Enero de 2004, la formación de la Comisión Intersecretarial denominada Comité Mexicano para proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero que se desempeñará como una autoridad nacional con el objeto de identificar oportunidades, facilitar, promover, difundir, evaluar y en su caso aprobar, proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos Mexicanos.

Son por tales antecedentes que motivan a la creación de este tipo de proyectos para participar en la lucha contra la reducción de emisiones contaminantes así como ligarlos a un beneficio económico para los productores y que vean con ello una señal para hacer más eficientes sus modelos de trabajo o de negocio en el sector agropecuario.

II. Resumen

Siendo México un país con una gran producción de carne de cerdo, dentro del presente trabajo se pudo evaluar el planteamiento para conocer el nivel de viabilidad al aprovechar el potencial energético que tiene en la granja Mesa del Seri, en Hermosillo, Sonora, en particular de los residuos generados de la producción, dependiendo de su población de ganado, sus necesidades de servicios, afectación por su condición geográfica, etc., y se estimó un aprovechamiento de este recurso que en la actualidad es desechado y que adicionalmente repercute en las comunidades, en los cuerpos de agua y suelos en donde se encuentra, no sin dejar a un lado, que se controlaría el metano que se encuentra liberándose con su gran potencial como gas de efecto invernadero y que tanto problema ha impactado globalmente con el cambio de los climas.

Por tal motivo se llevó a cabo una recopilación e inventario de las instalaciones, su población, sus equipos, su sistema actual de desecho de los residuos, para con esto calcular el potencial energético que tienen los residuos por su cantidad, dando como resultados un volumen aprovechable teórico de 156.5 m³/día de biogás, que corresponden a 24.8 toneladas de metano anuales, y los cuales fueron seleccionados de haber aplicado tres métodos para el cálculo basados tanto en las fórmulas de los factores de emisión del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, perteneciente al Programa del Ambiente las Naciones Unidas, (UNEP) por sus siglas en inglés, así como de la aplicación de los simuladores electrónicos Retscreen y Thermoflow.

A partir de este potencial se estimaron las cantidades de energía que se pueden aprovechar de dichos resultados obteniendo 11.8 kW de potencial eléctrico, con los cuales es posible autoabastecer a la granja con un 70.8% de su consumo actual de la red eléctrica de CFE.

Asimismo se llevó a cabo el análisis económico y financiero de la inversión necesaria para que este proyecto sea implementado, y para esto se analizaron 2 escenarios de inversión con y sin apalancamiento, teniendo resultados negativos en los indicadores para dichas opciones, donde se pretende absorber la inversión con el pago único del ahorro de la factura eléctrica. Con esta base fue necesario seleccionar otra tercera opción, analizarlo bajo el plan de aprovechamiento de la generación de ingresos al inscribir el proyecto en el Mecanismo de Desarrollo Limpio de las Naciones Unidas y con esto entrar al mercado de los bonos de carbono, con lo cual se puede contar con recursos para el pago de la inversión y con esto los indicadores económicos y financieros arrojaron resultados muy atractivos para el propietario y posibles inversionistas.

III. Objetivos general y específicos

Objetivo General:

Proponer y analizar la viabilidad de un proyecto de aprovechamiento de los residuos orgánicos de la granja Porcícola "Mesa del Seri", del Municipio de Hermosillo, Estado de Sonora; con ello acercar el suministro energético de la granja al concepto de sustentabilidad, y que a su vez, vía la reducción de las emisiones el proyecto pueda generar recursos económicos adicionales a los ahorros mediante los bonos de carbono y del Mecanismo de Desarrollo Limpio, y a el aprovechamiento de los subproductos del proceso de tratamiento de los residuos que generan lodos utilizables en los campos agrícolas vecinos, que servirán si es necesario para hacer más rentable el proyecto para el propietario y/o inversionistas.

Par lograr tal objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Plantear los aspectos energéticos, técnicos, económicos y medioambientales implicados en el desarrollo del proyecto
2. Recopilar la información de la granja para realizar la caracterización de los requerimientos energéticos, costos de los consumos energéticos, operación y aplicaciones potenciales del uso de la energía disponible
3. Comparar la potencialidad de la producción de energía de los residuos de la granja para las diferentes tecnologías con aplicación, así como seleccionar el equipo más adecuado para convertir la energía de los residuos en energía eléctrica y térmica.
4. Realizar el análisis económico-financiero del proyecto de inversión con y sin MDL, obteniendo los indicadores económicos de su viabilidad, que permitirán la toma de decisión para la posible aprobación por parte del propietario.
5. Confirmar el potencial del aprovechamiento de los lodos residuales del tratamiento del proyecto, como un suplemento agrícola.



CAPITULO 1

**ASPECTOS ENERGÉTICOS, TÉCNICOS,
ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES**

1. Aspectos energéticos, técnicos, económicos y medioambientales

Introducción

Este capítulo mostrará un resumen del desarrollo actual de las tecnologías que se han instalado tanto en México como a nivel mundial en la generación de energía eléctrica, incluyendo aquellas que en la actualidad están siendo tomadas en cuenta, estas son las fuentes renovables ya que por el alto grado de daños que han causado las energías convencionales tanto al medio ambiente como a la explotación sin control de las fuentes convencionales, los combustibles fósiles que en la actualidad están siendo cada vez más finitas y por lo tanto agotables.

1.1 Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que provienen de fuentes de energía que no se agotarán o están disponibles en forma continua con respecto al periodo de vida de la raza humana en el planeta. En términos generales podemos considerar a la energía solar, como nuestra fuente energética total, porque excluyendo la geotermia todas las demás fuentes se derivan de la radiación de esta estrella.

El Sol se encarga de calentar la atmósfera terrestre, causando gradientes de temperatura, lo que trae consigo diferencias de presión, y como consecuencia los vientos, origen de la energía eólica, también evapora el agua que bajo las condiciones atmosféricas propicias se precipita en forma de lluvia en zonas más altas, obteniendo con esto energía potencial la cual puede ser aprovechada con tecnologías de turbinas hidráulicas para generar electricidad o accionar equipos mecánicos.

Asimismo, también el proceso de fotosíntesis de los vegetales aprovecha como fuente energética al sol, llevando a cabo reacciones químicas, las cuales la transforman en energía almacenada dentro de estos, y puede ser aprovechada mediante combustión directa o transformada a otros combustibles, como por ejemplo el metanol y el etanol. Siendo el reino vegetal el principio de las cadenas alimenticias en los ecosistemas la energía contenida en esta es transferida, al ser consumidas por los seres herbívoros y así a los diversos aprovechamientos de la biomasa que se pueden obtener.

Todos en alguna ocasión hemos sentido los efectos de los rayos solares sobre nosotros mismos, o sobre los objetos expuestos a ellos, por ejemplo una lámina que ha estado bajo sus efectos cuando la tocamos nos quema, además muchas culturas, alrededor del mundo se han desarrollado con ayuda de la luz y el calor proveniente del sol.

Imaginemos que toda esta energía la pudiéramos aprovechar en beneficio nuestro, ya sea en cosas o actividades de nuestra vida diaria, como cocinar y refrigerar nuestro alimentos, obtener agua potable, o calentar agua para bañarnos, iluminarnos en la noche o ver televisión, existen equipos que pueden transformar esta radiación solar en energía eléctrica o incluso mover un automóvil con biocombustibles, y lo mejor de todo con un daño mínimo al ambiente y además mientras la humanidad exista en este planeta esta energía estará disponible para ser usada.

A estas fuentes energéticas las llamamos "Energías Renovables", y son manifestaciones de la radiación solar. A continuación describiremos las fuentes de este tipo más explotadas en la actualidad.

1.1.1. Energía Solar Térmica.

Los sistemas fototérmicos o equipos de energía solar térmica, convierten la radiación solar en calor y lo transfieren a un fluido de trabajo. El calor se usa entonces para calentar edificios, agua, mover turbinas para generar electricidad, secar granos o destruir desechos peligrosos. Los Colectores Térmicos Solares se dividen en tres categorías:

- Colectores de baja temperatura. Proveen calor útil a temperaturas menores de 65 °C mediante absorbedores metálicos o no metálicos, el colector solar plano es el aparato más representativo de esta tecnología y se utilizan para aplicaciones tales como calentamiento de piscinas, calentamiento doméstico de agua para baño y, en general, para todas aquellas actividades industriales en las que el calor de proceso no es mayor a 60 °C, por ejemplo la pasteurización, el lavado textil, para secar productos agropecuarios mediante el calentamiento de aire, etc.
- Colectores de temperatura media. Son los dispositivos que concentran la radiación solar para entregar calor útil a mayor temperatura, usualmente entre los 100 y 300 °C. En esta categoría se tienen a los concentradores estacionarios y a los canales parabólicos, todos ellos efectúan la concentración mediante espejos dirigidos hacia un receptor de menor tamaño. Tienen el inconveniente de trabajar solamente con la componente directa de la radiación solar por lo que su utilización queda restringida a zonas de alta insolación.
- Colectores de alta temperatura. Existen en tres tipos diferentes: los colectores de plato parabólico, la nueva generación de canal parabólico y los sistemas de torre central. Operan a temperaturas mayores a los 500 °C y se usan para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; en algunos países estos sistemas son operados por productores independientes y se instalan en regiones donde las posibilidades de días nublados son remotas.

1.1.2. Energía Solar Fotovoltaica

Los Sistemas fotovoltaicos convierten directamente parte de la energía de la luz solar en electricidad. Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente con silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, el mismo material semiconductor usado en las computadoras. Cuando el silicio se contamina o dopa con otros materiales de ciertas características, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar. Los electrones son excitados por la luz y se mueven a través del silicio; este es conocido como el efecto fotovoltaico y produce una corriente eléctrica directa. Las celdas fotovoltaicas no tienen partes móviles, son virtualmente libres de mantenimiento y tienen una vida útil de entre 20 y 30 años.

La conversión directa de la parte visible del espectro solar es, quizá, la vía más ordenada y estética de todas las que existen para el aprovechamiento de la energía solar. Desafortunadamente esta tecnología no se ha desarrollado por completo en México. Si bien los módulos fotovoltaicos son relativamente simples, su fabricación requiere de tecnología sofisticada que solamente está disponible en algunos países como Estados Unidos, Alemania, Japón y España entre otros.

Las celdas solares fueron comercializadas² inicialmente en 1955. Las investigaciones iniciales en este campo se enfocaron al desarrollo de productos para aplicaciones espaciales, siendo su primera utilización exitosa en los satélites artificiales; sus principales características (simplicidad, bajo peso, eficiencia, confiabilidad y ausencia de partes móviles) las hicieron ideales para el suministro de energía en el espacio exterior.

A la fecha³ las celdas que han alcanzado mayor grado de desarrollo son las de silicio cristalino, tecnología que predomina en el mercado mundial debido a su madurez, confiabilidad en su aplicación y sobre todo, a su vida útil que va de los 20 a los 30 años. Por otra parte las celdas de película delgada, entre ellas el silicio amorfo, han alcanzado cierto grado de popularidad debido a su bajo costo, sin embargo su baja durabilidad, debido a la degradación, las sitúa por debajo de las celdas cristalinas.

Desde principios de la década de los años 80, cuando comenzaron a establecerse compañías fotovoltaicas en los Estados Unidos, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) estableció los métodos y estándares de prueba y funcionamiento para los módulos fotovoltaicos. Estas actividades ayudaron a las compañías a reducir sus costos y mejorar funcionamiento, eficiencia y confiabilidad.

Desarrollos y aplicaciones actuales en México de esta tecnología:

- i. Electrificación Fotovoltaica de Albergues Escolares
- ii. Plantas Solares Fotovoltaicas
- iii. Sistemas Híbridos
- iv. Electrificación Rural en zonas aisladas
- v. Bombeo de agua de pozos profundos
- vi. Abrevadero de ganado
- vii. Suministro de energía en pequeña comunidades.

Esto debe ser una tabla, con referencias

1.1.3. Energía Eólica

Aproximadamente el 2 % de la energía que llega del sol se transforma en energía cinética de los vientos atmosféricos. El 35 % de esta energía se disipa en la capa atmosférica a tan solo un kilómetro por encima del suelo. Del resto, se estima que por su aleatoriedad y dispersión solo podría ser utilizada una treceava parte, cantidad suficiente para abastecer 10 veces el consumo actual de energía primaria mundial. De ahí su enorme potencial e interés.

Hoy en día la forma habitual de aprovechar el viento es mediante el empleo de aerogeneradores de eje horizontal. Son máquinas con rotor a barlovento que suelen montar tres palas e incorporan un generador. Este se encarga de transformar la energía contenida en el viento en electricidad, la cual es conducida a través de la red eléctrica para abastecer los distintos puntos de consumo. Un grupo de aerogeneradores constituye un parque eólico.

Existen, naturalmente, otras aeroturbinas, según su tipología: de eje vertical, con dos palas, multipalas, con rotor a sotavento; con tamaños muy distintos⁴: desde pequeños aerogeneradores de menos de un metro de diámetro y potencias inferiores a 1 kilowatt

² Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, consultado en Enero de 2011, de <http://www.conae.gob.mx>

³ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, consultado en Enero de 2011, de <http://www.conae.gob.mx>

⁴ Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, consultado en Enero de 2011, de <http://www.idae.es>

hasta enormes máquinas de más de 100 m de diámetro y más de 5,000 kW de potencia nominal; las hay situadas tierra adentro, en línea de costa o mar adentro. Se emplean para generar electricidad a gran escala o para suministro eléctrico de viviendas aisladas, para bombear agua o, en un futuro cercano, para generar hidrógeno o desalinizar agua de mar.

1.1.4. Biomasa

La biomasa abreviatura de masa biológica, es una cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico. El término es utilizado con mayor frecuencia en las discusiones relativas a la energía de biomasa, es decir, al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos. La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo y la cual se desarrolla más a detalle, en el siguiente apartado.

1.1.5. Hidroeléctrica

El funcionamiento de una central hidroeléctrica consiste en aprovechar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en cinética y luego en energía eléctrica. Básicamente consiste de un sistema de captación almacenamiento de agua produciéndose un desnivel que provoca una cierta energía potencial acumulada, el agua es conducida hacia una turbina desarrollando en la misma un movimiento giratorio que acciona un alternador y se produce una corriente eléctrica.

Los principales elementos que integran una central hidroeléctrica, se divide en 2 conjuntos. El primer conjunto consta de todo tipo de obras y equipos: etc., como lo son la presa, los aliviaderos y las tomas de agua y su cuya misión se puede resumir diciendo que es la de almacenar y encauzar el agua, en las debidas condiciones, para conseguir posteriormente una acción mecánica. El segundo conjunto engloba los edificios, equipos y sistemas: etc., tales como la casa de máquinas, tubería forzada, distribuidor, turbina y compuertas, mediante los cuales, después de las sucesivas transformaciones de la energía, llegamos se llega a obtener ésta en forma de energía eléctrica.

Las centrales hidroeléctricas usan una forma renovable de energía, ya que la naturaleza se encarga de reponerla constantemente; debido a que no requiere de combustibles y por que por la producción de energía no se contamina el agua, se considera que es una energía limpia. Además de la generación de electricidad, las centrales hidroeléctricas presentan otros beneficios como lo son, la utilización del agua para riego, protección contra inundaciones, suministro de agua potable, recreación y atractivos turísticos, turismo, entre otros. Las turbinas hidráulicas son máquinas cuyo desarrollo no pertenece a las últimas décadas. Hace más de 2000 años que el hombre hace uso de ellas y poco más de un siglo que las principales casas constructoras de Europa, Asia y América realizan un esfuerzo sistemático con el objeto de perfeccionarlas. Su evolución no ha terminado, sino por el contrario, se ha acelerado en los últimos años ya que las necesidades de energía limpia cada día son mayores y los sitios disponibles exigen turbinas más rápidas, más compactas y sobre todo más eficientes.

El total de grandes presas en el mundo, completadas o en construcción se encuentra alrededor de 36,235. En México existen más de 4800 presas construidas tanto por dependencias gubernamentales como por particulares; éstas fueron construidas para generar electricidad y hacer frente a problemas de sequías, inundaciones y la satisfacción de necesidades de agua potable.

1.1.6. Energía Mareomotriz

La Marea es el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas oceánicas por las acciones gravitatorias del Sol y de la Luna así como de los demás Astros. Es una influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas. Según la posición de la Luna con respecto al Sol y la Tierra se presentan dos tipos de mareas: "vivas y muertas".

La tecnología para aprovechar las mareas se basa en el sistema utilizado en los embalses de los ríos. Como se sabe, estos embalses se ubican en lugares apropiados para almacenar el agua a la mayor altura posible, de forma que millones de litros de agua obligue a salir a ésta por un único orificio practicado en la parte más baja del embalse, produciéndose un chorro a gran presión que mueve las palas de una turbina para generar energía eléctrica.

La energía mareomotriz es una de las catorce fuentes nuevas y renovables que estudian los organismos especializados de las Naciones Unidas. Esta energía está disponible en cualquier clima y época del año. A partir del año 1973, cuando el mundo tomó conciencia de la finitud de los combustibles convencionales no renovables, se intensificaron los estudios de todos los tipos disponibles de energías renovables no convencionales: solar, eólica, geotérmica, mareomotriz.

Estas centrales utilizan el flujo del agua cuando la marea comienza a subir, pasa a gran velocidad por los túneles, aprovechando el principio de los vasos comunicantes, y las turbinas empiezan a girar y a generar electricidad. Cuando se llega a la pleamar se cierra la presa que mantiene el agua en el embalse, mientras en mar abierto desciende la marea hasta llegar de nuevo a la bajamar. En este momento se abre la presa y el agua retenida atraviesa los túneles en dirección al mar y mueve otra vez las turbinas generando con el flujo en la dirección contraria.

A continuación 4 datos importantes del potencial que tiene este tipo de tecnología:

- Según el acuerdo de implementación de Sistemas Oceánicos de Energía promovido por la Agencia Internacional de Energía (IEA-OES), el potencial mundial de embalses de agua acumulada en las mareas para generar electricidad es de unos 500 TWh/año.
- Desde la antigüedad los egipcios utilizaron la energía de las mareas para mover molinos.
- Los océanos cubren un poco más de 70 por ciento de la superficie de la Tierra.
- Si al menos una décima parte pudiera convertirse en energía eléctrica proporcionaría más de 20 veces la cantidad total de electricidad consumida en un día en Estados Unidos.

1.1.7. Energía Geotérmica

La geotermia es el calor del interior de la tierra que se ha concentrado en ciertos sitios del subsuelo, conocidos como yacimientos geotérmicos. Un yacimiento geotérmico típico se compone de una fuente de calor, un acuífero y la llamada capa sello. La fuente de calor es generalmente una cámara magmática en proceso de enfriamiento. El acuífero es cualquier formación litológica con la permeabilidad suficiente para alojar agua meteórica filtrada desde la superficie. La capa sello es otra formación, o parte de ella, con una menor permeabilidad, cuya función es impedir que los fluidos geotérmicos se dispersen totalmente en la superficie.

Como los sistemas geotérmicos se forman preferentemente en los bordes entre placas tectónicas, donde también suelen ocurrir fenómenos de vulcanismo y sismicidad, los países ubicados en o cerca de esos sitios, son los que poseen más recursos geotérmicos.

La generación de electricidad es la forma de utilización más importante de los recursos geotérmicos de alta temperatura ($> 150^{\circ}\text{C}$). Los recursos de temperatura media a baja ($< 150^{\circ}\text{C}$), son apropiados para muchos tipos diferentes de utilización. Pero la generación de electricidad mediante plantas de ciclo binario puede actualmente permitir la utilización de fluidos sobre 85°C .

Una gran cantidad de países utiliza la geotermia de manera directa para diversas aplicaciones (calefacción, balnearios, deshidratación de vegetales, invernaderos, secado de madera, bombas de calor, etc.), pero sólo 24 países, hasta la fecha, la emplean de manera indirecta para generar energía eléctrica.

Esos países tienen una capacidad Geotermoeléctrica instalada total de más de 10 mil megawatts, estando ahora México en cuarto lugar⁵, con datos a diciembre de 2009.

1.2 Energía de la Biomasa

Esta energía procede de la masa total de la materia viva, de una parte de un organismo, población o ecosistema y tiende a mantenerse más o menos constante. Por lo general, se da en términos de materia seca por unidad de área (por ejemplo kg/ha o g/m²). En la pluviselva del Amazonas puede haber una biomasa de plantas de 1,100 ton/ha de tierra.

En términos energéticos, se utiliza como energía renovable, como es el caso de la leña, del biodiesel, del bioalcohol, del biogás y del bloque sólido combustible. La biomasa podría proporcionar energías sustitutivas, gracias a biocarburantes tanto líquidos como sólidos, como el biodiesel o el bioetanol.

La biomasa se puede producir o se puede obtener a partir de subproductos o residuos. Algunos argumentan que producir biomasa necesitaría muchas plantaciones que habría que quitar a cultivos para alimentos o acaparar más terreno salvaje.

Biomasa cultivada y agrícola: Orujos, Paja, Cardo, Árboles, Maíz.

Biomasa a partir de residuos: Alpechín, residuo del proceso de elaboración de aceite de oliva, Cáscaras de frutos secos, Restos de carpintería, Restos de podas, siegas y limpieza de montes, Aserrín y otros residuos de industria alimentaria. Si contiene humedad, el residuo se seca.

Residuos ganaderos: Purines, Excrementos del ganado.

Ventajas que se obtienen: Permite eliminar residuos orgánicos e inorgánicos, al tiempo que les da una utilidad, es una fuente de energía renovable y no contaminante.

1.2.1. Aprovechamiento

La forma de aprovechar la biomasa como energético puede ser a través de la combustión directa, como tradicionalmente se ha aprovechado en México la leña y el bagazo de caña,

⁵ Asociación Geotérmica Mexicana, recuperado en Diciembre 2010, de <http://Geotermia.org.mx>

o bien mediante la conversión de la biomasa en diferentes hidrocarburos a través de diferentes tipos de procesos.

La combustión directa que todos conocemos es el proceso por el que se aprovecha el poder calorífico de la biomasa en México. Naturalmente en México se siguen los métodos tradicionales para producir carbón, no son volúmenes muy altos, son específicos y el dato que se conoce es de alrededor de 70,000 toneladas anuales. La pirólisis además del carbón puede dar lugar a líquidos como el alquitrán que es un combustible con cierto poder calorífico alto de unas 9,000 o 10,000 Kcal por litro y también da lugar a la producción de monóxido de carbono que es un gas que puede emplearse como combustible.

Por el otro lado se tienen procesos biológicos, los tradicionales, la producción de alcohol a partir de productos celulósicos que por ejemplo nosotros conocemos tradicionalmente la producción de alcohol a través de una fermentación de caña. Cuando el azúcar está disponible para otros fines, alimenticios entre ellos, podemos pensar en residuos, en celulosa, darles un tratamiento con ácido clorhídrico, con alta temperatura, gasificarlos, llegar a la glucosa, fermentarlos y producir el alcohol.

El proceso de la fermentación anaeróbica puede ser empleado en muchos casos, el Instituto de Investigaciones Eléctricas empezó trabajando con residuos de animales, por un lado el proceso produce fertilizantes o un abono orgánico, más que un fertilizante es un acondicionador de suelos y en muchos casos se han hecho experimentos para emplearlo como un complemento alimenticio y por el otro tenemos un combustible que es el conocido como biogás. Hay una gran variedad de residuos que pueden aprovecharse, agrícolas, animales, algas que se generan en grandes cantidades en las costas, el lirio acuático por ejemplo que es una plaga en las presas de México y la basura que se está generando todos los días.

En la Cd. de México se generan alrededor de 170 metros cúbicos por segundo de agua residual y según las cifras de SEDESOL, existe la infraestructura para tratar del 20 al 30 por ciento aproximadamente, o sea que en ese campo existe una gran oportunidad de combinar procesos aerobios y anaerobios para abatir consumo de energía y generación y de lodos y lógicamente para tratar esa agua y bueno no hablemos de las aguas industriales que en algunos casos específicos se pueden utilizar con ventaja estos procesos.

Por el lado de la basura urbana, se conocen los rellenos sanitarios, en 1990 el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) realizó un estudio en la Cd. de México, en el cual había 6 rellenos clausurados y 3 en operación y muchos de ellos ya tenían 40 años, entre ellos el de Santa Fe y el de Santa Cruz Meyehualco, donde ya la recuperación de gas que se genera no es factible. Sin embargo, en los que estaban en operación en este tiempo están produciendo gran cantidad de gas y una muestra es el que está en Prados de la Montaña, el cual se encuentra en condiciones operativas.

En México se comienza a tener una mayor conciencia del potencial que ofrece el aprovechamiento de residuos, principalmente urbanos, dados los volúmenes que se manejan en las grandes ciudades del país. Estos residuos y los desechos de animales, desde hace tiempo se han venido utilizando en instalaciones a nivel de prototipo en el Instituto de Investigaciones Eléctricas y en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

La cuantificación del recurso de la biomasa es una tarea complicada y no existen en México datos precisos, salvo las estadísticas que presenta anualmente el balance nacional de energía en el que se consignan las cantidades consumidas de bagazo de caña y leña.

Se estima que la oferta interna bruta de este tipo de energía primaria⁶ de parte de los particulares es de 98.05 Peta Joules (PJ) de bagazo de caña y 246.31 PJ de leña, lo cual da un total de 344.36 PJ, para el 2008.

1.2.2. Potencial energético del estiércol ganadero en México

En México existen diversas regiones donde la actividad económica preponderante es la crianza y aprovechamiento integral del ganado vacuno y porcino, principalmente. En este sentido, hay zonas en el país que se han especializado en este tipo de actividad económica, donde predomina la existencia de establos y granjas para este tipo de ganado, con los consiguientes problemas en lo que se refiere al manejo de desperdicios y excretas, así como los problemas de contaminación que esto significa.

A la fecha, existen proyectos que han desarrollado alternativas para un manejo adecuado de estos desperdicios, de tal manera que se aproveche su contenido energético como fuente de generación de metano, esto considerando y tomando en cuenta estudios realizados en otros países, cada cabeza de ganado vacuno genera 10 kg al día aproximadamente de excreta con un alto contenido biomásico, y si en México se cuenta, de acuerdo a datos oficiales⁷ del año 2008, con una población estimada de más de 31.76 millones de cabezas de ganado vacuno (cárnico y lechero), sin considerar a la población del ganado porcino, esto significa que anualmente se generan al menos 115.92 millones de toneladas de estiércol ganadero sin ningún aprovechamiento energético. Razón por la cual se considera que esto representa un área de oportunidad que podría redituar muchos beneficios en términos de generación de energía y con impactos favorables al ambiente.

1.3 Medio ambiente y Mecanismos de Desarrollo Limpio.

Se entiende por medio ambiente al entorno que afecta a los seres vivos y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su vida. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura. La palabra medio procede del latín *medium* (forma neutra); como adjetivo, del latín *medius* (forma masculina). La palabra ambiente procede del latín *ambiens*, -*ambientis*, y ésta de *ambere*, "rodear", "estar a ambos lados".

El medio ambiente es el conjunto de componentes físico-químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas.

1.3.1. Importancia de la conservación del medio ambiente

Partiendo de entender que el hombre no es un ser aislado en este planeta, sino por el contrario interactúa con otros seres vivos, que tienen la misma necesidad de subsistir, razón por la cual el aire, el agua, el clima adecuado, etc., son trascendentes para la preservación de un equilibrio entre los seres vivos y los factores fisicoquímicos.

⁶ Secretaría de Energía (2009), *Balance Nacional de Energía 2008*.

⁷ Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2009), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, *Población Ganadera Bovinos (Carne y Leche) 1999-2008*.

A nivel mundial el medio ambiente se encuentra en problemas para conservar su equilibrio, debido a los drásticos daños sufridos, los cuales han sido causados por la industrialización y explosión demográfica inadecuada. Esto fue palpable en el Informe Brundtland de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, aduciendo que "El futuro está amenazado":

"La tierra es una, pero el mundo no lo es. Todos dependemos de una biosfera para mantenernos con vida. Sin embargo, cada comunidad, cada país lucha por sobrevivir y prosperar sin preocuparse de los efectos que causa en los demás. Algunos consumen los recursos de la tierra a un ritmo que poco dejará para las generaciones futuras. Otros, muchos más numerosos, consumen muy poco y arrastran una vida de hambre y miseria, enfermedad y muerte prematura... los pueblos pobres se ven obligados a utilizar en exceso los recursos del medio ambiente para sobrevivir al día, y el empobrecimiento de su medio ambiente contribuye a acentuar su indigencia y a hacer aún más difícil e incierta su supervivencia."

Por las razones anteriores, a nivel internacional y nacional se ha tomado conciencia de las limitaciones naturales que tiene el desarrollo y crecimiento de la humanidad, adoptando medidas políticas, jurídicas y sociales para reencauzar la concepción de progreso de la sociedad.

La conciencia ecológica logra concretizarse en el Club de Roma, donde se analizaron "Los Límites del Crecimiento" en 1972, aunado a la "Declaración de Estocolmo", sobre el medio ambiente y el humano, en el mismo año, se establece en ésta última un principio, que el hombre tiene un derecho fundamental, "El que se tenga una vida adecuada en un medio de calidad, para llevar una vida digna y contar con bienestar, teniendo el hombre la obligación de proteger y mejorar el medio ambiente para generaciones presentes y futuras". Se establece un reto para el hombre, el poder satisfacer adecuadamente sus necesidades con los medios naturales a su alcance y la conservación de estos para generaciones próximas, dilema que se presenta ya que la naturaleza necesita conservar un equilibrio tanto en los recursos renovables, como no renovables, en relación al crecimiento poblacional, el cual ha sido exponencial en este siglo, siendo prioritario un reencauce del desarrollo humano, ya que el crecimiento tiene límites.

Es la contaminación y destrucción de los recursos naturales un problema que no reconoce fronteras entre países, más cuando no hay control jurídico. De estos problemas se han creado distintas corrientes ideológicas para intentar superarlo, algunas de ellas son las llamadas deep-ecology que son ideas extremistas que igualan al hombre con la naturaleza, cuestión que no puede ser aceptada por desvalorar la dignidad humana, otras buscan eliminar a gran número de hombres por ser la causa del problema de contaminación y dentro de las más sensatas encontramos reorientar o fomentar la conciencia ecológica en la economía.

En una primera postura ambientalista, sostiene la necesidad y la posibilidad de proteger al ambiente y los recursos naturales en sí mismos, sin necesidad de recurrir a justificación de la protección humana.

En segundo término encontramos otra postura, contraria a la anterior, es el punto de vista ambiental antropocentrista, el cual parte de que los valores ambientales en sí mismos, autónomamente considerados, no poseen entidad suficiente para ser objeto de protección jurídica, por lo cual es necesario que sean puestos en relación con el hombre. Para esta posición, cuando el legislador, protege de forma independiente bienes como el agua, el aire, el suelo, la flora, la fauna, su finalidad es la protección de bienes

ambientales, pero siempre en cuanto su protección implica una medida de protección, implica una mediata protección de la vida humana y en que su puesta en peligro puede serlo para el género humano.

Parten de la premisa de que no se debe proteger al ambiente en sí mismo, puesto que los recursos naturales cumplen funciones ambientales y así deben ser protegidos, en cuanto a que son fundamento de la vida del hombre .

Una tercera postura radical, esencialmente antropocentrista sostiene que el contenido del bien jurídico ambiente depende absolutamente de la protección de intereses humanos.

En teoría, el hombre no debiera desvincularse del ambiente en que se desarrolla, ni tampoco actuar en perjuicio de éste, pues todos los factores que integran al mismo son esencialmente sostenibles para el desarrollo de las especies en un determinado hábitat, y el desequilibrio de cualquiera de ellos no sólo resulta en un problema que afecta ese factor aisladamente, sino altera todo el orden del cual es parte.

Diversas corrientes de opinión han despertado la conciencia de importantes sectores de la población mundial acerca de la importancia del ambiente y de que el hombre, lejos de destruirlo para "Satisfacer sus necesidades, debiera preservarlo y protegerlo".

La protección ambiental ha encontrado que el imperante modelo económico universal, propicia la destrucción⁸ paulatina del planeta y genera diariamente múltiples acciones nocivas para el ambiente. La propagación mundial del movimiento ecologista ha servido para sentar las bases de la ecología social moderna, que enfoca su estudio a la protección y el correcto aprovechamiento de los recursos naturales y del ambiente y del consecuente desarrollo del Derecho Ambiental y sus distintas vertientes.

La importancia de la conservación del equilibrio ambiental se puede reducir a que, sin la existencia de las condiciones naturales dadas, difícilmente hubiera aparecido el hombre en la Tierra, hoy se discute sobre los desequilibrios eco-sistémicos que pueden llevar al caos, siendo una consecuencia eliminar las condiciones dadas para que el hombre pueda subsistir, es decir, la naturaleza subsiste con sus equilibrios, sin embargo, el hombre no puede sobrevivir sin la naturaleza y más grave, el humano no cuenta con equilibrios artificiales que garanticen su subsistencia, y el único ser vivo que rompe el equilibrio ambiental es el hombre, animal capaz de adaptar el entorno a sus necesidades, incapaz actualmente de evolucionar.

1.3.2. Artículo 12 del Protocolo de Kyoto.

Dentro de la celebración del Protocolo de Kyoto llevada a cabo en el año de 1997, se tomaron los acuerdos para los países que no estarían obligados a reducir las emisiones y que se encuentran en vías de desarrollo, sin embargo para ayudarlos a lograr un desarrollo sostenible, contribuir al objetivo último de la Convención y al mismo tiempo ayudar a los países desarrollados a cumplir con sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisión de gases de efecto invernadero, se estableció el

⁸ Muñoz, M.(2010). *Modelo económico mundial y la conservación del Medio Ambiente*. Edición Electrónica. Editorial Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, México

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual quedo como se describe a continuación como Artículo 12:

1. *Por el presente artículo se define un mecanismo para un desarrollo limpio (MDL).*
2. *El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las Partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.*
3. *En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio:*
 - a) *Las Partes no incluidas en el anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y*
 - b) *Las Partes incluidas en el anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3, conforme lo determine la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo.*
4. *El mecanismo para un desarrollo limpio estará sujeto a la autoridad y la dirección de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo y a la supervisión de una junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.*
5. *La reducción de emisiones resultante de cada actividad de proyecto deberá ser certificada por las entidades operacionales que designe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo sobre la base de:*
 - a) *La participación voluntaria acordada por cada Parte participante;*
 - b) *Unos beneficios reales, mensurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático; y*
 - c) *Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada.*
6. *El mecanismo para un desarrollo limpio ayudará según sea necesario a organizar la financiación de actividades de proyectos certificadas.*
7. *La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo en su primer período de sesiones deberá establecer las modalidades y procedimientos que permitan asegurar la transparencia, la eficiencia y la rendición de cuentas por medio de una auditoría y la verificación independiente de las actividades de proyectos.*
8. *La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se asegurará de que una parte de los fondos procedentes de las actividades de proyectos certificadas se utilice para cubrir los gastos administrativos y ayudar a las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos de la adaptación.*
9. *Podrán participar en el mecanismo para un desarrollo limpio, en particular en las actividades mencionadas en el inciso a) del párrafo 3 supra y en la adquisición de unidades certificadas de reducción de emisiones, entidades privadas o públicas, y esa participación quedará sujeta a las directrices que imparta la junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.*
10. *Las reducciones certificadas de emisiones que se obtengan en el período comprendido entre el año 2000 y el comienzo del primer período de compromiso podrán utilizarse para contribuir al cumplimiento en el primer período de compromiso.*

1.4 Autoabastecimiento a nivel mundial y en México

General Electric anunció⁹ que ha realizado con éxito la primera prueba de generación de biogás mediante abono de animales, en Wisconsin, Estados Unidos. Esto gracias a las turbinas Jenbacher, que fueron instaladas en una granja de aquel estado en mayo de 2009, y que actualmente está produciendo 633 KW de electricidad. Esta granja lechera de 1,100 vacas dispone de un sistema de combinado de calor y potencia (CHP), que utiliza biogás digerido creado a partir de una mezcla de estiércol de vaca y otros residuos.

Durante mucho tiempo los agricultores de todas partes del mundo han visto al abono o las heces de animales como una rica fuente de fertilizantes para sus cosechas; en cambio, General Electric ha vislumbrado en este tipo de residuos un enorme potencial para energía limpia y renovable, gracias a su riqueza en gas metano.

La generación de biogás a partir del abono de animales causó impacto en la feria de Tecnología de Campo de la ciudad de Waterloo, en el estado de Wisconsin, la que convocó a más de 80 mil visitantes a apreciar esta nueva especialización de General Electric. Los asistentes, en su mayoría agricultores locales, fueron testigos del poder del abono en lo que a generación eléctrica se refiere. Además, pueden identificarse los residuos restantes que no son utilizados para generar biogás y se separan del resto, de manera que se pueden emplear como el clásico y convencional fertilizante para los cultivos, por lo tanto, nada se desperdicia.

Según los expertos, una tecnología como esta es perfectamente aplicable en economías como la mexicana, que se encuentran en un proceso emergente de búsqueda de fuentes alternativas de energía, para usos específicos.

El biogás desarrollado mediante abono significa una fuente de energía más limpia que la convencional, ya que mediante esta forma de generación de electricidad son liberados menos gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Esta tecnología, que es incipiente en los Estados Unidos, ya es ampliamente aceptada en Europa. Los desperdicios de la agricultura son una de las principales causas de emisiones de gas metano en la atmósfera en todo el mundo.

La alta dependencia energética de México de los hidrocarburos ha sido la responsable del tardío desarrollo de las energías renovables en el país, aunado a un marco legal que no genera las condiciones más adecuadas para el aprovechamiento de los potenciales energéticos de mediana y pequeña escala. Consciente de los riesgos que esta dependencia conlleva, y del agotamiento de las reservas petrolíferas, el actual Gobierno mexicano ha impulsado la diversificación de fuentes de energía mediante políticas basadas en el desarrollo de las energías renovables. Son muchas las metas fijadas por el Gobierno, cuyo objetivo¹⁰ es lograr que el 25% de la generación eléctrica del país provenga de energías renovables para el año 2016 (incluye hidroeléctricas). Este impulso gubernamental conforma, en principio, un panorama proclive para que las energías renovables encuentren su sitio definitivo en la generación de energía eléctrica en México.

México cuenta con unas condiciones climáticas y geográficas idóneas para el desarrollo de las energías renovables y entre ellas aprovecharlas para el Autoabastecimiento. A lo

⁹ General Electric (2009). consultado en Diciembre de 2010, de <http://www.ge.com>

¹⁰ Secretaría de Energía (2008). *Poise 2007-2016*. Participación de Tecnologías en la capacidad total, Fig. 3.12

largo de todo el país se encuentran repartidos recursos solares, eólicos, hídricos y geotérmicos. De hecho, México, junto con Brasil, es uno de los mercados de América Latina con mayor potencial para las energías limpias. Si bien la energía renovable más desarrollada en México es la geotérmica, esta va a ser superada a corto plazo por la energía eólica. Pero la alta dependencia de los hidrocarburos, que suponen el 90% de la producción de la energía primaria, además de la todavía escasa participación privada en el panorama eléctrico de México.

A partir de 1992, se abre la puerta a la iniciativa privada permitiéndole participar en la generación de energía, mediante diversas modalidades. A través de licitaciones públicas internacionales, la CFE otorga la construcción y explotación de centrales de generación eléctrica a la empresa que ofrezca el precio más competitivo y cumpla con los criterios marcados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE). La empresa adjudicataria se encarga de la construcción del parque y de su explotación durante 20 años. Las últimas centrales eléctricas en el país se han desarrollado bajo los esquemas de productor independiente y de autoabastecimiento.

El sector de autoabastecimiento en México registró¹¹ 135 nuevos permisos en 2007, para instalar un total de 644.5 MW, alcanzando un total de 540 permisos administrados. Estos permisos se componen principalmente por permisos, otorgados a Pemex con 33, con una capacidad de 567 MW, sector industrial con 215 con la capacidad autorizada de 4068 MW y otras áreas entre los que se encuentran agricultura, ganadería, servicios municipales y turismo con 292 permisos y una capacidad autorizada de 1097 MW.

Las instalaciones de Autoabastecimiento a nivel nacional en las diferentes modalidades establecidas en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, han mostrado una evolución llegando al 2007 con un consumo de 23.2 TWh, lo que representa un 11.4% del consumo de electricidad nacional.

Basado en la información más reciente en cuanto a permisos y proyectos de instalación para autoabastecimiento los pronósticos esperados indican que en el 2018 el autoabastecimiento será de 30.1 TWh.

Solo en el caso del sector de Generación eólica en 2009 se pusieron en operación los Parques Eólicos con los primeros permisos para Autoabastecimiento para proyectos en Oaxaca y en Baja California.

En los últimos años, México ha experimentado un crecimiento económico con efectos negativos para el medio ambiente. Crear una industria de tratamiento de residuos adecuada que reduzca tal impacto y fomentar el desarrollo de la energía eléctrica a partir del aprovechamiento de biomasa y biogás es otra de las prioridades de la política nacional actual. Sin embargo, el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, donde existe un gran potencial para el desarrollo de proyectos, se ve dificultado por la propia estructura administrativa y normativa del país; la competencia sobre el tratamiento de residuos no corresponde al Gobierno Federal, sino a los municipios, lo que muchas veces dificulta la continuidad a largo plazo de los proyectos.

La amortización fiscal acelerada para los equipos de energías limpias, el arancel cero a la importación de equipos de energías renovables, y la obtención de unos precios más económicos para el uso temporal de la red del sistema eléctrico nacional por parte de los concesionarios de proyectos de energías renovables (el denominado "porteo"), son los incentivos más destacados en un contexto normativo que tiene que realizar cambios

¹¹ Comisión Reguladora de Energía (2008). *Informe Anual 2007*.

importantes para que el logro de las metas propuestas por el Gobierno en el uso de energías limpias pueda llegar a ser una realidad.

A pesar de la falta de incentivos o primas en las tarifas eléctricas, un elemento muy importante para el impulso de los proyectos de energías limpias en México es la posibilidad de obtener créditos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Como país firmante del Protocolo de Kyoto, México no tiene obligaciones de reducción de emisiones, pero sí puede vender Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE) a países que tengan dicha obligación a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Vendiendo estas RCE o CER's por sus siglas en inglés, los proyectos de energías renovables obtienen un incentivo económico importante. De hecho, tanto el MDL como los programas voluntarios de reducción de emisiones de EEUU suponen un motor para las energías renovables en México, llegando a mejorar la tasa interna de retorno de los proyectos entre un 10% y un 40%. Otros apoyos financieros en el país para los proyectos de renovables vienen dados por la banca de desarrollo multilateral y la banca de desarrollo de México, destacando el papel del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) y de la institución de banca de desarrollo Nacional Financiera (NAFINSA). En concreto, para proyectos de energías renovables¹², NAFINSA destinó 3,000 millones de pesos durante el período 2009-2010.

Según datos de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONUEE), en toda la República Mexicana alrededor de cinco millones de personas no cuentan con servicio eléctrico por razones geográficas y económicas. Por su flexibilidad, las energías renovables incluyendo autoabastecimiento se convierten en las fuentes más idóneas para conectar las aproximadamente 30,000 pequeñas localidades alejadas de las redes del servicio eléctrico nacional. La alta dependencia tecnológica en renovables del exterior ha hecho que las energías verdes no fueran todavía una opción para solucionar estos problemas. Por ello, instituciones como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) impulsan, a través de los diferentes fondos que destinan a investigación científica y tecnológica, la creación de negocios locales asociados a la investigación y el desarrollo.

Todavía en plena juventud, el sector de energías renovables mexicano cuenta con un panorama normativo e institucional mucho más favorable que hace unos años para su desarrollo. Sin embargo, este desarrollo está por verse. Todavía quedan muchos estudios que hacer sobre costos, recursos, elaboración de planes de desarrollo tecnológico, desarrollo de las infraestructuras, ampliación de la capacidad eléctrica del país, análisis regionales, promoción de aprovechamiento para Autoabastecimiento, etc. El desarrollo de las fuentes renovables es toda una encrucijada con múltiples detalles aún por encajar, que conforma un sector de gran potencial por el que México está demostrando que hay que apostar.

1.4.1. Energía del estiércol porcino

La organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de las Naciones Unidas (ONU) estudió, en enero del 2000, los efectos que causaban al medio ambiente las operaciones de producción de carne de cerdo en el centro de México. Los resultados de estos estudios manifestaron que existen procedimientos que demandan de una reestructuración para atenuar los efectos de contaminación que provocan los residuos, ya que son vertidos a los cuerpos receptores (tierra o agua), sin tratamiento previo.

¹² El Exportador (2010). *Renovando piezas*. Recuperado en Noviembre de 2010, de www.el-exportador.es

Cuando el estiércol se aplica a la tierra en forma adecuada, aumenta la fertilidad del suelo, mejora su estructura y no causa problemas de contaminación. En cambio, cuando el estiércol se dispersa en la tierra sin control, trae como consecuencia un riesgo ambiental importante para la calidad del aire, del suelo y de las aguas (superficial y subterránea). Además el metano, óxido nitroso y ácido nítrico producido por las excretas incrementa el efecto invernadero, y contribuye al incremento de la temperatura que trasciende posteriormente a un cambio en el clima.

En nuestros días, existe gran preocupación por las actividades humanas que contribuyen a aumentar la concentración atmosférica de los gases que causan el efecto invernadero, por esta razón, el gobierno Mexicano impulsó proyectos que utilizan tecnologías limpias para ayudar a perseverar el medio ambiente y a contribuir al desarrollo regional.

El proyecto de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI) en las granjas porcícolas tiene un impacto local, ya que contempla la generación de empleos y un beneficio económico para la región vía generación de energías alternativas y venta de bonos de carbono, ambas situaciones favorecen la rentabilidad de la empresa y fomentan la inversión en bienes de capital en la población. En ese mismo sentido, una ventaja de estos proyectos es la posibilidad de concretarse por sí mismo gracias a los ingresos que se generan por la venta de los certificados de reducción de emisiones (CERs) y facilitan que un proyecto que no lograba implementarse, porque no resultaba económicamente conveniente, o que enfrentaba barreras técnicas, de financiación o de alto riesgo, finalmente pueda ser implementado y por ende reducir emisiones de GEI en forma adicional a las que se hubieran dado en la ausencia del proyecto propuesto.

A nivel mundial¹³, México ocupa el lugar número 10 en producción de carne de cerdo. En el año 2008, el número de cabezas de ganado fue de 15,230,631 y la producción de carne fue del orden de 1,160,677 toneladas de las cuales se exportaron 67,800 toneladas y el resto se consumió en el país. En este mismo año la tasa de consumo se incrementó un 3% y se estimó que el consumo per cápita fue de alrededor de 14 kg. De la producción total de carnes a nivel nacional la porcícola participa con un 21% (SAGARPA. 2009).

Así, un proyecto de gestión de residuos de animales para mitigar los gases efecto invernadero, propuesto en el marco de los proyectos MDL, se convierten en una opción viable para reducir la contaminación producida por este sector y contribuir al desarrollo sustentable. La actividad de estos proyectos tiene la intención de mejorar las actuales prácticas aplicadas a los residuos, estos cambios mitigan las emisiones antropógenas mediante el control de los procesos de descomposición, recolección y combustión del biogás y proporcionan un beneficio económico adicional.

Las acciones propuestas en este tipo de proyectos son económicamente sustentables y están encaminadas a aprovechar las excretas animales de las granjas porcícolas, mediante la instalación de Biodigestores para la producción de biogás que puede ser utilizado en la generación de electricidad y/o energía calórica para dar cobertura a las necesidades de las granjas y al mismo tiempo reducir las emisiones de gases GEI, así como mejorar la calidad del agua y reducir los olores. En términos simples la propuesta es cambiar las prácticas de tratamiento de los residuos que se realizan en lagunas al aire libre a digestores anaeróbicos que capturan y queman biogás.

¹³ United States Department of Agriculture (2010). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade April 2010* Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (s.f). Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, consultado en Diciembre de 2010, en <http://www.aserca.gob.mx>

Dentro este escenario, los productores solo se enfocan en las funciones esenciales y no se atreven a implementar nuevos sistema para el tratamiento de los residuos, a menos que la actividad ofrezca los medios para compensar el costo que implica el cambio de la práctica. Estos proyectos ofrecen al productor los recursos financieros para compensar el costo que conlleva la renovación de las prácticas, a través de los ingresos que obtengan por bonos de carbono, respaldados por los certificados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (CERs), por sus siglas en inglés.

México está entre los primeros países con más aprovechamiento de los beneficios del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Sin embargo, hay empresas Internacionales que se están aprovechando y están especulando con las emisiones de carbono, tal es el caso de la empresa Irlandesa AgCert, que se está enfocando a la producción de biogás en granjas porcícolas, y que actualmente han cerrado numerosos contratos en México para llevar a cabo estos proyectos. Como toda ley, el Protocolo de Kyoto tiene sus huecos, y esto hace que no funcione adecuadamente, pues la mayoría del gas (metano) que están produciendo los porcicultores no es aprovechado y solo es quemado, en vez de usarlo para un fin productivo (generación eléctrica o energía térmica). Una gran desventaja que tienen los MDL es que los costos de transacción son muy altos.

Para estimar el potencial energético del estiércol del ganado porcino en México, si tomamos de los datos oficiales de SAGARPA, a través de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, encontramos que en el informe de la población ganadera de 1999 a 2008, tenemos que había al fin de este periodo 15.23 millones de cabezas porcinas, y con un peso promedio de 50 kg, desde lactantes hasta adultos en engorda y con una producción promedio de 3 kg/d de excretas, tenemos un total de 16.67 millones de toneladas al año de excretas que pueden ser aprovechadas, cantidad muy superior si se compara con la basura generada en la Cd. de México anualmente que es del orden de 4.38 millones de toneladas, o unas 16 veces la generada en la Cd. de Monterrey.

1.5 Tecnologías de procesamiento energéticos de los residuos porcícolas

La porcicultura es una actividad muy productiva y cada día tiene mayor auge, sin embargo genera grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos, los cuales al ser depositados directamente al suelo sin recibir tratamiento previo provocan impactos orgánicos y biológicos.

Esta actividad ha ocasionado que se generen focos de contaminación originados en su mayor parte por el inadecuado manejo de los desechos porcícolas generados en estas granjas. Debido a las características permeables del suelo esta contaminación está dando lugar a un deterioro de la calidad del agua y en particular la calidad bacteriológica del agua subterránea lo cual ocasiona que las personas y animales que las ingieren estén propensos a adquirir enfermedades. Por lo que es de gran importancia aplicar un método de tratamiento que a bajo costo elimine o reduzca los problemas creados por la acumulación excesiva de excretas en los alrededores de las granjas.

1.5.1. Composteo

El proceso más utilizado de aprovechamiento para los desechos de las granjas y que se lleva de manera natural, es la descomposición de la materia orgánica. Este, cuando es aplicado por el hombre mediante el conocimiento de los mecanismos físicos y bioquímicos que en él intervienen, le ha permitido tratar sus desechos y poder reutilizarlos, esto es incorporar al suelo el potencial nutritivo del material tratado. Este

método de tratamiento, recibe el nombre de Composteo o ensilado y ha sido utilizado por muchos países, donde por medios manuales les ha sido posible tratar sus desechos orgánicos a bajos costos y reutilizado para la fertilización de las tierras de cultivo y en la actualidad para mejorar la producción de peces en la acuicultura.

1.5.2. Generación de Biogás

La digestión o fermentación anaeróbica es la forma en la que ciertos microorganismos, en una atmósfera deficiente de oxígeno, descomponen la biomasa de residuos porcícolas y la transforman en biogás. Para que esta transformación pueda llevarse a cabo es necesario el uso de mecanismos adecuados, estos son llamados biodigestores o plantas de biogás.

Dependiendo de la materia prima y la calidad del proceso, la composición del biogás es:

Componente	Fórmula química	Porcentaje
Metano	CH ₄	50 - 80
Dióxido de carbono	CO ₂	30 - 50
Hidrógeno	H ₂	0-2
Nitrógeno	N ₂	0-1
Monóxido de carbono	CO	0-1
Oxígeno	O ₂	0-1
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0.0001-0.007

Tabla No. 1. Composición del biogás
Fuente: Carrillo, L.,(2003). Microbiología Agrícola. Capítulo 5

Un biodigestor de tamaño familiar, de 8 a 10 m³ produce entre 1,5 y 2 m³ de biogás¹⁴ diarios a partir del excremento de 8 a 12 cerdos o de 3 a 5 cabezas de ganado vacuno. El biogás obtenido de esta pequeña planta sirve para que una familia de 6 a 8 miembros pueda cocinar 2 a 3 comidas, hacer funcionar un refrigerador todo el día o alimentar un motor generador de 3 kW durante una hora.

El proceso de generación de metano¹⁵ cuenta con 3 procesos químicos, las cuales se presentan en la figura No. 1 y se describen a continuación.

- **Hidrólisis**, en esta fase las enzimas de los microorganismos actúan sobre la materia orgánica, la bacteria descompone las largas y complejas cadenas de carbohidratos, proteínas y lípidos. En esta etapa se obtienen tres sustratos orgánicos complejos: Ácido butírico, ácido propiónico y ácido láctico.
- **Acidificación**, durante esta etapa las bacterias convierten los sustratos orgánicos productos de la hidrólisis y los transforman en ácido acético, hidrógeno y dióxido

¹⁴ Werner, U., Stöhr, U., Hees, N. (1989). *Biogas Plants in Animal Husbandry*. Deutsche Zentrum Für Entwicklungstechnologien. Consultado en Octubre de 2010. Recuperado de: www.undp.kz/library_of_publications/files/155-28461.zip

¹⁵ Flotats, X., Campos, E., Bonmatí, A, (s.f). *Biogás y Aprovechamiento de la Biomasa*

de carbono. Estas bacterias no son totalmente anaeróbicas y producen reacciones endotérmicas.

- **Formación de metano**, durante este tercer paso, las bacterias trabajan en condiciones anaeróbicas y utilizan parte del hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético para la formación de metano. Las bacterias metanogénicas son muy sensibles a cambios ambientales, contrarias a las bacterias acidogénicas y acetogénicas.

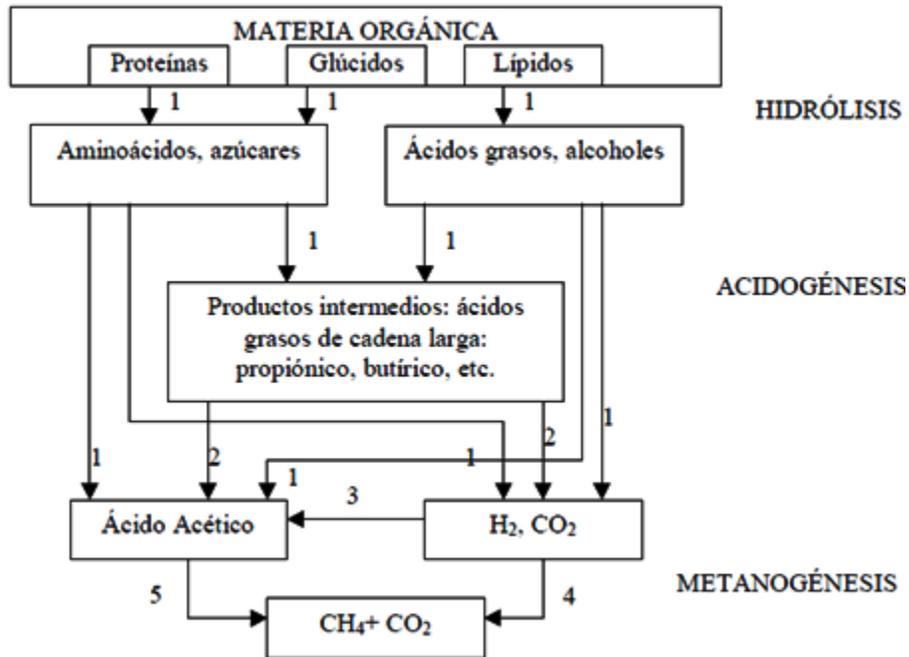


Figura 1. Fases de fermentación anaerobia, y poblaciones bacterianas: 1) Bacterias hidrolíticas – acidogénicas; 2) Bacterias acetogénicas; 3) Bacteria homoacetogénicas; 4) Bacterias metanogénicas hidrogenófilas; 5) Bacterias metanogénicas actoglásticas. (fuente: Flotats, X., Campos, E., Bonmatí, A, (s.f). *Biogás y Aprovechamiento de la Biomasa*)

1.5.3. Aprovechamiento directo de Biogás para calefacción.

Existen casos como la Granja Porcícola INCAFOS Bucaramanga, Colombia, donde con el biogás generado por medio del tratamiento de los residuos, se genera la energía para las bombillas utilizadas en el calentamiento de los lechones de la granja. Estas prácticas llevaron a la disminución en los consumos de agua y energía, y al mejoramiento de la calidad de las aguas residuales con la consecuente disminución en el pago de energía y manejo de residuos. Así mismo se logró la obtención de ingresos adicionales por los productos obtenidos en el tratamiento de los residuos sólidos.

La granja es una microempresa de ocho empleados, ubicada en la ciudad de Bucaramanga en el departamento de Santander, con una producción promedio de 200 cerdos mensuales. En el proceso de levante de cerdos los lechones eran calentados mediante bombillas eléctricas. Con la instalación del sistema de tratamiento de las aguas residuales mediante un Biodigestor (proceso en el cual se genera biogás, con el objeto de aprovecharlo) se instalaron las bombillas de biogás, se obtiene una disminución del

consumo de energía de 24 a 0 kWh/d, con una disminución en los costos de US\$1,013 anuales.

1.6 Tecnologías de generación eléctrica con biogás.

La electricidad es la energía transmitida por electrones en movimiento, la cual puede ser producida por todos los tipos de energía primaria. Es la forma de energía más versátil y la más utilizada en las grandes urbanizaciones. En hogares e industrias la energía eléctrica se convierte en energía luminosa, en energía térmica y energía mecánica según se necesite.

1.6.1 Biogás en rellenos sanitarios

Existen en la actualidad instalaciones funcionando donde se aprovechan los residuos sanitarios municipales. En el relleno sanitario Loma Los Colorados, República de Chile, y con la presencia de los ministros de Energía y de Medio Ambiente, la empresa KDM Energía y Servicios (filial del Grupo Urbaser-Kiasa) en el 2010 puso en operación la primera fase de su proyecto de generación eléctrica denominada "Central Loma Los Colorados I".



Figura 2. Imagen panorámica de motores de generación eléctrica, Relleno Loma Los Colorados, Chile. Portal de descontaminación Industrial y Recursos Energéticos, (s.f.). Consultado en Octubre de 2010, de: <http://www.induambiente.com/ltimas-noticias>

La empresa KDM es propietaria y operadora del relleno Loma Los Colorados, ubicado en la comuna de Tiltill, Región Metropolitana, Santiago de Chile. Actualmente, KDM capta¹⁶ y termo degrada más de 9000 m³/h del biogás generado por el proceso de descomposición biológica de los residuos sólidos urbanos que en él se han depositado (biomasa). Este sistema cuenta con un campo de más de 250 puntos de extracción de biogás sobre la masa de residuos, con una red de transporte del biogás con capacidad de hasta 35000 m³/h, una estación automática de succión con capacidad de hasta 20000 m³/h, y dos

¹⁶ Portal de descontaminación Industrial y Recursos Energéticos, (s.f.). Consultado en Octubre de 2010, de: <http://www.induambiente.com/ltimas-noticias>

antorchas para degradación térmica de biogás con capacidad para tratar hasta 5000 m³/h cada una.

Como parte de esta primera etapa del proyecto de generación eléctrica con biogás, están operando dos generadores eléctricos de 1 MW de potencia nominal cada uno, los que están conectados al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica de Tiltill, constituyéndose como un Pequeño Medio de Generación Distribuido (PMGD) que comercializa su producción en el mercado spot del Sistema Interconectado Central (SIC).

Cumplida esta primera etapa, y con un potencial energético total contenido en la producción actual de biogás, KDM tiene proyectado aumentar paulatinamente su capacidad de generación de energía hasta alcanzar los 28 MW el año 2024. Esa energía será capaz de alimentar el consumo eléctrico de una ciudad de 100 mil habitantes, aproximadamente.

Desde el punto de vista medioambiental, el proyecto de generación eléctrica en Loma Los Colorados ayudará a disminuir las emisiones de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) en el país de Chile, principales responsables del llamado "efecto invernadero".

1.6.2 Biogás de residuos de alcohol de caña

Los residuales de la producción de alcohol¹⁷, se caracterizan por tener una alta demanda química de oxígeno (DQO) de aproximadamente 65 kg/m³ lo cual lo califica como un efluente altamente contaminante.

Dado su alto contenido de DQO el tratamiento anaeróbico de los mismos, resulta en una producción de biogás que puede ser utilizado como combustible industrial o doméstico y mediante su purificación, se obtiene un gas con alto contenido de metano que es utilizado como combustible automotor y para el oxicorte de metales.

Un programa de Cuba está orientado hacia el tratamiento anaeróbico de los efluentes de la producción de alcohol existentes en el sector de la agroindustria de la caña de azúcar para la obtención de "Gas Metano".

En la actualidad en Cuba en una de las fábricas de alcohol existente, se tiene una planta de biogás en etapa de puesta en marcha, quedando 11 plantas en la cual se encuentra pendiente el tratamiento anaeróbico de los efluentes para la producción de biogás. Que aunado a la producción de energía eléctrica a partir de la quema de los residuos de la cosecha, utilizándolo como combustible en la generación de vapor, el biogás generado se puede utilizar como combustible de generadores de combustión interna.

1.6.3 Motores Stirling con discos parabólicos

El principio de funcionamiento del Motor Stirling es el trabajo realizado por la expansión y contracción de un gas (normalmente helio, hidrógeno, nitrógeno o simplemente aire) al ser obligado a seguir un ciclo de enfriamiento en un foco frío, con lo cual se contrae, y de calentamiento en un foco caliente, con lo cual se expande. Es decir, es necesaria la presencia de una diferencia de temperaturas entre dos focos y se trata de un motor

¹⁷ Agroindustria de la Caña de Azúcar (s.f.). Consultado en enero de 2011 de www.undp.org.cu

térmico. Este motor puede instalarse en el punto focal de un concentrador parabólico recibiendo el calor del sol para expandir el gas y accionar el motor y generar energía.

Los concentradores de disco parabólico son unidades pequeñas con un motogenerador en el punto focal del reflector. Los tamaños típicos¹⁸ oscilan de 5 a 15 metros de diámetro y 5 - 50kW de producción eléctrica. Como todos los sistemas de concentradores, pueden ser alimentados adicionalmente por gas natural o biogás, proporcionando una capacidad firme en todo momento y generar durante el periodo de la noche.

1.6.4 Biomasa en cogeneración

Los productos de desechos orgánicos conocidos como biomasa pueden ser usados para producir biogás a través de un proceso de transformación anaeróbica. Por medio de la captación y tratamiento, este gas puede ser usado como fuente de energía primaria para la combustión de motores endotérmicos en sistemas de cogeneración.

Los motores endotérmicos o turbinas accionados con gas natural, aceite combustible, biogás, biomasa, etc., pueden producir¹⁹ desde 100 kW hasta 10,000 kW de electricidad a través de la recuperación del calor producido por otros procesos productivos. Las plantas en investigación de esta clase usualmente se pagan en 2 y medio años y dentro de algunos años pagan retornos de cientos de miles de dólares.

Material de deshecho	Biogás disponible en m ³ /ton de material
Estiércol de vacuno	500 de DQO
Estiércol de cerdo	480 de DQO
Estiércol de pollo	520 de DQO
Grasa	430
Residuos Destilación cervecera	700
Residuos Destilación vitivinícola	700
Granos	500-700
Follaje, hierbas y algas	270
Residuos lácteos	500
Remolacha	500

Tabla No. 2. Disponibilidad aproximada de biogás en diferentes residuos.
Fuente: Chamy R., Vivanco, E., (2007). *Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponible en Chile para la generación de biogás*. Capítulo 3

¹⁸ Aringhoff, R., Brakmann G. (s.f.). *European Solar Thermal Power Industry Association*. Consultado en Diciembre de 2010 de <http://www.fichtnersolar.com>

¹⁹ PaterVis Corporation, (s.f.). Consultado en Noviembre de 2010, de <http://www.patervis.com/ecoheat.html>

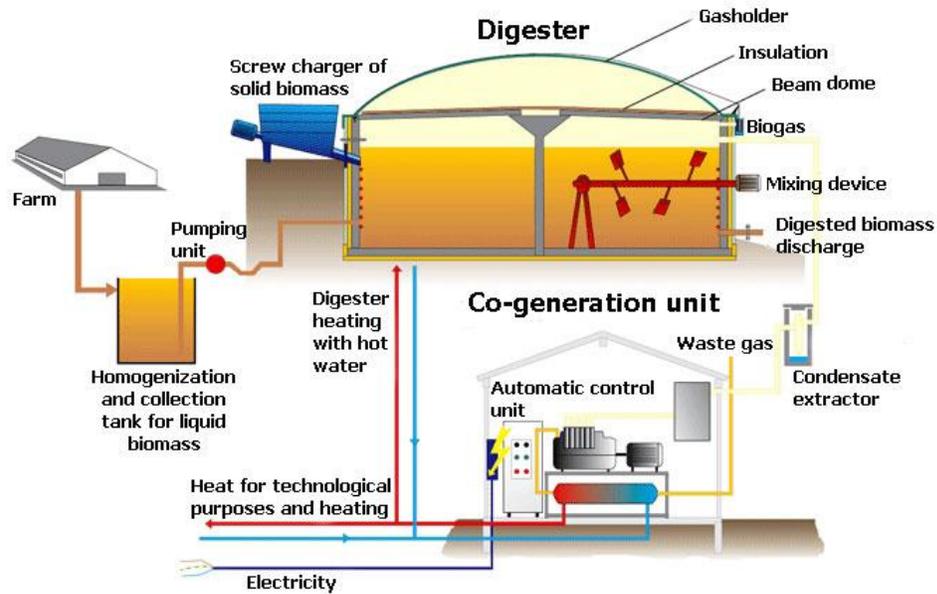


Figura 3. Esquema del sistema de tratamiento de residuos.
 Fuente: PaterVis Corporation, (s.f.). Recuperado en Noviembre de 2010, de <http://www.patervis.com/ecoheat.html>

1.6.5 Ciclo combinado con biogás

Entre los sistemas termoelectrónicos impulsados por combustibles fósiles (todavía el más común), con menos desventajas, están las centrales de Ciclo Combinado de Turbina de Gas, las cuales pueden ser accionadas también por biogás y en un futuro podrían ser alimentadas por combustibles renovables, hoy tienen la ventaja de ser capaces de generar electricidad y calor, permitiendo las más altas eficiencias debido a la máxima eficiencia del combustible usado, siendo alimentados por gas natural o biogás pueden ser instalados en los alrededores de las ciudades y así los municipios pueden proveer de energía térmica a los hogares. Entonces se producirían ahorros al menos parcialmente y recuperación de energía la cual proviene de una fuente renovable.

1.6.6 Turbina de gas con biogás

Como ejemplo de utilización del biogás existe un proyecto de generación de calor y energía combinados²⁰, donde "BMW -Carolina del Sur, EEUU", tiene un gasoducto de 15 km, que alimenta a 4 turbinas reacondicionadas para quemar biogás, donde 4.8 MW instalados corresponden al 25% de las necesidades de la planta industrial y se tienen ahorros de \$1 millón/año para BMW, también el calor generado de 72 MMBtu/h, representan el 80% de las necesidades térmicas de la planta (agua caliente, calor, enfriamiento).

²⁰ Mazo-Nix, Sandra, (2010). *Opciones de Proyectos de Energía a partir e Biogás*. 17 de agosto de 2010, recuperado en diciembre de 2011 de <http://www.globalmethane.org>



Figura 4. Instalaciones de BMW en Carolina del Sur, E.E.U.U.

Fuente: Mazo-Nix, Sandra, (2010). *Opciones de Proyectos de Energía a partir e Biogás*. 17 de agosto de 2010, recuperado en diciembre de 2011 de <http://www.globalmethane.org>

1.6.7 Motor de combustión interna

Se utiliza también el biogás en Motores de Combustión Interna. El estado de la tecnología se considera madura e implementada, las ventajas son: gran gama comercial de equipos, instalaciones modulares y transportables, facilidad de suministro de energía a la red eléctrica, posibilidad de aprovechamiento térmico (gases de escape a 500°C y agua caliente a 90°C). En una planta de co-digestión de residuos purines y estiércoles de EXPORINSA²¹, empresa productora de ganado porcino, instalada en la granja "Monte de Belén", que cuenta con un censo de 10,800 madres reproductoras y, posiblemente, la mayor explotación de España en su categoría donde se producen más de 5,000 lechones semanales, se genera a partir del biogás, la cantidad de aproximadamente 1,079,670 m³/año de gas metano (CH₄), que se utilizará como biocombustible de un motogenerador de 500 kW. En este proceso de cogeneración alimentado por el metano habrá un autoconsumo eléctrico de la unidad de cogeneración de unos 400 MWh y el excedente, aproximadamente unos 3,900 MWh eléctricos se entregarán a la red eléctrica como energía renovable. Además se producirá aproximadamente 2,500 MWh térmicos para calefacción de las maternidades de la granja, lo que supondrá un ahorro con respecto al actual consumo de energía eléctrica. El resto de la potencia térmica se utilizará para calentar los fermentadores.

²¹ The Bioenergy International (2011). Consultado en Abril de 2011, Editorial Graficas Marte, de: http://issuu.com/avebiom/docs/bie_n_11_online, y www.bioenergyinternational.es



Figura 5. Motor de Combustión interna
Fuente: electrónica, www.mwm.net, recuperado en enero 2011.

1.6.8 Microturbinas

No existe mucha variedad de utilizaciones de biogás en turbinas grandes, sin embargo hay aplicaciones en turbinas pequeñas, como las microturbinas²² de pequeña potencia (30 kW cada una) que pueden utilizar biogás como combustible, con excelentes resultados en emisiones de NO_x, tienen menos partes móviles que los motogeneradores y costos de mantenimiento menores, pero rendimiento también inferior (25 % frente al 35 % del generador de Combustión Interna) y las inversiones específicas son elevadas debido al pequeño tamaño de las microturbinas.



Figura 6. Microturbinas Capstone (rango desde 15 kW a 200 kW)
Fuente: electrónica www.microturbine.com/prodsol/products, recuperado el 28 de Octubre de 2011

²² Mazo-Nix, Sandra, (2010). *Opciones de Proyectos de Energía a partir e Biogás*. 17 de agosto de 2010, recuperado en diciembre de 2011 de <http://www.globalmethane.org>

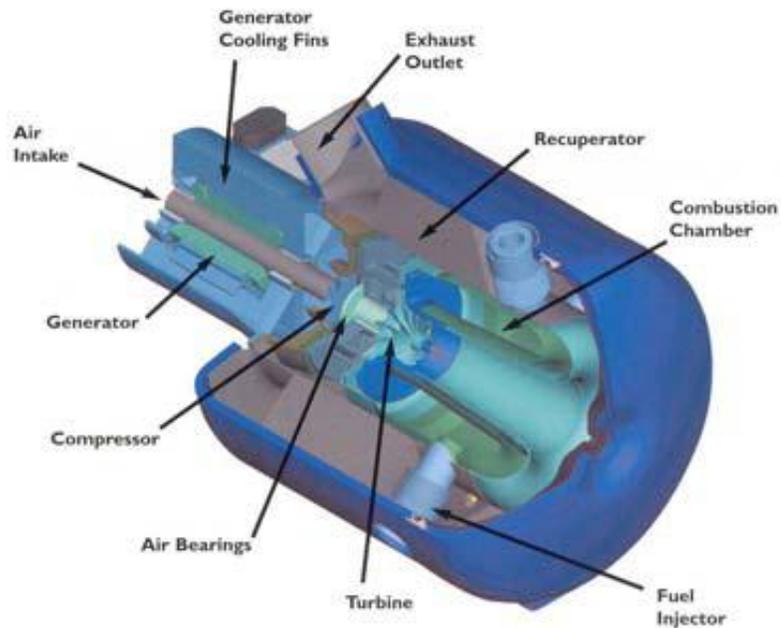


Figura 7. Partes internas de una Microturbina Capstone

Fuente: electrónica www.microturbine.com/prodsol/products, recuperado el 28 de Octubre de 2011

1.7 Conclusiones

En el presente capítulo se mostraron los aspectos regulatorios, técnicos, y ambientales implícitos en el aprovechamiento de los residuos, enmarcados en el contexto de las energías renovables, así como las tecnologías y sistemas convencionales como los no convencionales que se han desarrollado o aprovechado por el hombre para la generación de energía eléctrica, con lo cual se permite entender y visualizar las mejores opciones tanto para aprovechar la energía disponible en los residuos de las granjas porcícolas y darles un uso que actualmente está desperdiciado y enviado al medio ambiente de manera descontrolada en algunos casos y sin algún aprovechamiento en otros casos.



CAPITULO 2
CARACTERIZACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS
ENERGÉTICOS DE LA GRANJA.

2. Caracterización de los requerimientos energéticos de la granja

Introducción

Las granjas porcícolas del Estado de Sonora generan una gran cantidad de empleos ya que en promedio ocupan unos 14 empleados por cada 1000 cabezas de ganado y en el Estado²³ hay un total de 1'392,203 cabezas de ganado porcino a cifras del 2008, ya que ocupa el primer lugar como productor a nivel nacional.

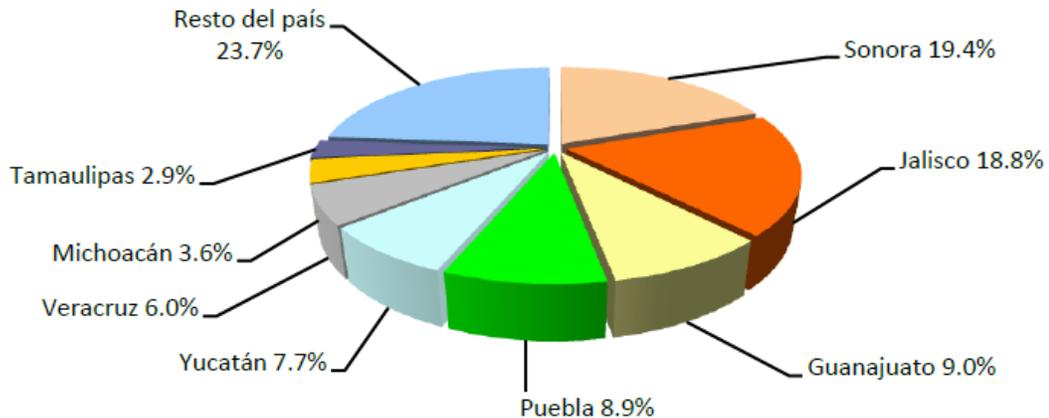


Figura No. 8. Principales entidades productoras de carne de porcino en 2008
(Fuente: SAGARPA, (2009). *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2009*. Coordinación General de Ganadería SIAP/SAGARPA.

Dependiendo del objetivo de su producción, las granjas porcícolas se pueden dividir en los siguientes tipos:

Granjas productoras de pie de cría: Se dedican a la producción y mejora del ganado porcino, para vender los animales como vientres y sementales.

Granjas productoras de lechones: Los lechones nacidos en estas granjas se conservan durante la lactancia y cuando llegan a un peso aproximado de 20 kg son vendidos a otros criadores que se encargan de engordarlos, hasta su envío al rastro.

Granjas engordadoras: Adquieren los lechones destetados y se dedican a engordarlos hasta que llegan el peso en que son enviados al rastro.

Granjas de ciclo completo: Tienen sus propios vientres y sementales; los lechones nacen en la granja y ahí mismo son criados y engordados hasta su envío al rastro.

La producción de carne de cerdo en México, no se realiza con animales de razas puras, sino con las cruces de éstas llamadas hibridaciones; entre las principales razas que sirven para ello están Duroc, Landrace, Hampshire, Chester White, Yorkshire, y Pietrain.

²³ Coordinación General de Ganadería (2009). "Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2009, SAGARPA.

2.1. La Granja "Mesa del Seri" y la comunidad vecina.

La Granja está localizada en la comunidad La Mesa del Seri que pertenece al el Municipio de Hermosillo, capital del Estado de Sonora. Esta comunidad tiene 912 habitantes y se localiza a 18 km de Hermosillo, y a 230 metros de altitud, su ocupación es la agricultura en los campos que se encuentran a sus alrededores como empleados de los propietarios, a la ganadería en pequeño y así también otra actividad es empleados en las granjas porcícolas.

La granja Mesa del Seri es del tipo "engordadora", y cuenta con instalaciones con una capacidad para 4,000 cabezas de ganado porcino, producen la raza Landrace y la Yorkshire, los desechos que manejan se componen de residuos de alimento, excretas solidas y liquidas del ganado, combinados con el agua utilizada para el lavado de los criaderos así como para el baño de humectación de la piel de los cerdos. Estos desechos son manejados en lagunas de evaporación por lo cual las emisiones de metano son enviadas directamente a la atmosfera como ha sido la costumbre en los métodos tradicionales, además los lixiviados como contienen alto contenido de fosforo disueltos en el agua son utilizados en los campos agrícolas vecinos de un productor de forraje. Sin embargo una cantidad de agua es filtrada al subsuelo en las lagunas y la cual va hacia los acuíferos de la zona.

2.2. Inventario de instalaciones de la granja "Mesa del Seri".

La Granja Mesa del Seri cuenta con 8 naves o porquerizas de engorda 6 para 300 cabezas y 2 para 1,100, contando con una capacidad total de 4,000 animales, una nave destinada como unidad de cuarentena, además tiene 2 lagunas en operación y 3 inutilizadas, tiene alumbrado eléctrico en las porquerizas, así como 8 alimentadores de grano, dos bombas de agua, 14 habitaciones para los trabajadores, con las instalaciones necesarias para su vivienda, así como una oficina para el Médico Veterinario Zootecnista sus supervisores, un almacén, baños y vestidores, etc.



Figura No. 9. Imagen aérea de la Granja "Mesa del Seri".
Fuente: Imagen de Satélite (2010). Recuperado de Software Google Earth

Consumo de Agua.- los consumos de agua que se manejan son los siguientes:

Tamaño del cerdo	Consumo de agua en litros/cabeza por día
Desarrollo 30-60 kg	8 - 9
Finalización 60-100 kg	11 - 12

Tabla No. 3. Consumo de agua por edades.

Fuente: Propia del Inventario de la Granja Mesa del Seri.

La distribución de los cerdos también depende del tamaño, ya que los adultos pueden lastimar a los más jóvenes estos se separan y además se manejan diferentes áreas para su desarrollo, la cual se indica a continuación:

Tamaño del cerdo	m ² /cerdo	No. cerdos/corral
Desarrollo 30-60 kg	0.8 - 1.0	15 - 20
Finalización 60-100 kg	1.0 - 1.5	10 - 15

Tabla No. 4. Espacio requerido por edades.

Fuente: Propia del Inventario de la Granja Mesa del Seri.

2.3. Producción mensual de carne de cerdo²⁴

En la granja se tiene una producción de 2000 cerdos adultos en promedio, por cada ciclo de 5 meses ya que alcanzan en 2 periodos de 10 semanas los 100 kg de peso, o sea desde el destete a los 15-20 kg con 10 semanas llegan a 60 kg y con otro periodo de 10 semanas y que son cambiados de porqueriza alcanzan los 100 kg. Lo anterior significa que en el año se producen 2 camadas de 2000 cerdos en promedio para ser enviados al rastro y esto con un promedio de 76 kg de carne aprovechable por cerdo, se producen 304 toneladas cada 10 meses. Sin embargo tomando en cuenta los 12 meses del año esto nos da un promedio teórico anual de 364.8 toneladas al año, y 30.4 toneladas mensuales teóricas.

2.4. Población de cerdos por edades.

Se cuenta con una población variante pero para la fecha del censo se encontraron 1057 en engorda de desarrollo y 878 en finalización.

2.5. Determinación de cantidad de excretas por cerdo

Las excretas tienen su origen en los alimentos que se proporcionan a los animales, de los cuales el organismo toma los nutrientes necesarios para su mantenimiento, producción y reproducción; se le agregan elementos de la digestión no utilizados por el metabolismo,

²⁴ Alarcón, G., Camacho, J., Gallegos, J.,(s.f). "Producción de Cerdos", Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.

los cuales ya mezclados se expulsan fuera del mismo y dan como resultado las heces y orina.

Se han realizado varios cálculos para estimar la cantidad de excreta (heces + orina + agua) que se producen en una explotación porcina; a continuación se enumeran algunos de ellos²⁵: Pérez Espejo (1992) menciona que por cada 70 kg de peso vivo en granja, se producen entre 4 y 5 kg de excreta, por su parte Gadd (1973) menciona que el promedio de producción de excretas en engorda, puede ser un décimo del peso vivo por día (sólido y líquido), lo que representa 1.36 kg de heces y 4.73 litros de orina por día en promedio desde el destete hasta el peso al sacrificio; Penz (2000) proporciona datos del volumen diario de excretas producidas por tipo de cerdo (Ver tabla No. 5); Sweeten (1979) estima la cantidad anual producida por unidad cerda (lo que equivale a una hembra más los cerdos producidos por ella en un año), cantidad que representa 13 toneladas de excretas por año, con un contenido de 10% de materia seca.

Sin embargo, es de remarcar que la cantidad producida de excretas varía básicamente por los siguientes factores: los ligados a las instalaciones y al equipo y los ligados al animal y al alimento, (Dourmand, 1991) ver Figura 7.1.1.

Los factores ligados a las instalaciones y equipos afectan principalmente el contenido de agua de las excretas, así como la emanación de gases, por su parte los factores ligados al animal y al alimento influyen directamente sobre la composición química de las excretas, ya que la excreción corresponde a la proporción de un nutrimento contenido en el alimento que no es retenido por el animal (Dourmand, 1991); la cantidad retenida depende a su vez de la composición del alimento y de la capacidad del animal por fijar (depositar) los diferentes nutrimentos, principalmente el nitrógeno y el fósforo.

La cantidad de excretas que produce el ganado porcino cada día, están definidas por los tamaños de los cerdos de acuerdo a la siguiente tabla, según Penz:

Etapas de crecimiento	Estiércol Promedio (kg/d)	Estiércol + Orina (kg/d)	Volumen (l/d)
Hembra vacía	3.6	11	16
Hembra lactante	6.4	18	27
Lechón Lactante	0.35	0.95	1.4
Macho reproductor	3	6	9
Engorda (30-60 kg)	2.3	4.9	7
Finalización (60-100 kg)	2.3	4.9	7

Tabla No. 5. Cantidad de excretas por edades

(Fuente: Mariscal Landín, G., (2007). *Tratamientos de excretas de Cerdos*. Capítulo 7, Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas/. CENID Fisiología, INIFAP)

Por lo cual tomando en cuenta que en la granja se tienen cerdos en las 2 etapas de engorda y con una piara de 1935 cabezas de las cuales se tienen 1,057 en la primera etapa de engorda y 878 en la de finalización, de acuerdo a los diferentes métodos obtenemos lo siguiente:

²⁵ Mariscal Landín, G., (2007). *Tratamientos de excretas de Cerdos*. Capítulo 7, Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas/. CENID Fisiología, INIFAP)

Según Pérez Espejo:

Peso promedio del grupo de jóvenes en engorda 30-60 kg = 45 kg
 Cantidad de excretas en 70 kg de peso = 4 a 5 kg/día = 4.5 kg/día
 Cantidad de excretas en cerdos de 45 kg

$$\frac{45 \text{ kg}_c \times 4.5 \text{ kg}}{70 \text{ kg}_c} = 2.89 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Este grupo de 1057 cerdos produce:

$$\text{Cantidad juvenes} = (1,057 \text{ cerdos}) \left(2.89 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} \right) = 3,057.75 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Peso promedio del grupo de adultos en finalización 60-100 kg = 80 kg
 Cantidad de excretas en 70 kg de peso = 4.5 kg/día
 Cantidad de excretas en cerdos de 80 kg:

$$\frac{80 \text{ kg}_c \times 4.5 \text{ kg}}{70 \text{ kg}_c} = 5.142 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Y este grupo de 878 cerdos produce:

$$\text{Cantidad adultos} = (878 \text{ cerdos}) \left(5.142 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} \right) = 4,515.42 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Total}_1 \text{ excretas diarias} = 3,057.75 + 4,515.42 = 7,573.17 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Según Gadd:

Cantidad de excretas en promedio por cerdo desde destete hasta sacrificio:

$$\text{Cantidad} = 1.36 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} + \left(4.73 \frac{\text{l}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} \right) \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) = 6.09 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}}$$

(Considerando densidad de 1kg/l para la orina)

$$\text{Total}_2 \text{ excretas diarias} = 1,935 \text{ cerdos} \times 6.09 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} = 11,784.15 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Según Penz:

Cantidad de cerdos en engorda entre 30-60 kg = 1057 cerdos
 Cantidad de excretas para cerdos en engorda según Tabla 5 = 4.9 kg/d

$$\text{Cantidad juvenes engorda} = (1,057 \text{ cerdos}) \left(4.9 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} \right) = 5,179.3 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Cantidad de cerdos en finalización entre 60-100 kg = 878 cerdos

Cantidad de excretas para cerdos en finalización según Tabla 5 = 4.9 kg/d

$$\text{Cantidad adultos finalización} = (878 \text{ cerdos}) \left(4.9 \frac{\text{kg}}{\text{d} \cdot \text{cerdo}} \right) = 4,032.2 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Total}_3 \text{ excretas diarias} = 5179.3 + 4302.2 = \mathbf{9,481.5 \frac{kg}{d}}$$

Según Sweeten:

Cantidad de cerdos en la pira = 1,935 cerdos

Cantidad de unidades cerdas:

$$\text{Unidades cerdas} = \frac{1,935 \text{ cerdos}}{21} = 92.14 \text{ unidades}$$

(Considerando 1 hembra+20 cerdos mínimo producidos por esta anualmente en promedio=21 cerdos)

Cantidad de excretas por unidad cerda = 13 ton/año

$$\text{Cantidad excretas anual} = \left(13 \frac{\text{t}}{\text{unidad} \cdot \text{año}} \right) \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{t}} \right) (92.14 \text{ unidades}) = 1,197,820 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$\text{Total}_4 \text{ excretas diarias} = \left(1,197,820 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \right) \left(\frac{\text{año}}{365 \text{ d}} \right) = \mathbf{3,281.69 \frac{kg}{d}}$$

Para hacer una selección entre los resultados anteriores estaríamos eliminando tanto al más bajo como al más alto, y sobretodo el más bajo obtenido según Sweeten ya que es muy generalizado el concepto de "unidad cerda", sin embargo siendo conservadores seleccionamos el menor de los restantes, y basándonos en que Pérez Espejo, determina las excretas con referencia a lo que pesan los cerdos y lo cual varía con la edad en particular, nos da como resultado un método más específico, por esto usaremos la cantidad **Total₄ = 7,573.17 kg de excretas/d**

Así también, es necesario determinar la cantidad de agua que se mezclará con las excretas y la cual es utilizada en el lavado, para esto se parte de lo siguiente: se utilizan 20 litros diarios en promedio por cerdo, de agua para lavado de los mismos animales, sus corrales, rejillas y canaletas para eliminar las posibilidades de enfermedades y su sanidad, por lo que además se generan y se combinan con las excretas que llevan el estiércol y orina, la cantidad de:

$$1,935 \times 20 = 38,700 \text{ litros diarios de agua de lavado}$$

2.6. Necesidades de energía eléctrica y térmica de la granja.

En la granja se cuentan con las siguientes instalaciones:

- 1) Un sistema de bombeo que consta de 2 bombas de 1.492 kW, 1 en servicio y otra de reserva con lo cual se alimenta el sistema de agua de servicios, así mismo el sistema está distribuido por las porquerizas con una red de tuberías.
- 2) Un sistema de drenajes por trincheras que recibe y maneja los residuos por gravedad hasta la laguna de evaporación.
- 3) Un sistema de alumbrado en las porquerizas con la cantidad de 70 lámparas fluorescentes que consumen un total de 5,320 W.
- 4) 8 alimentadores de grano para las porquerizas con un total de 11,936 kW
- 5) Una oficina con una carga instalada de 2,100 W
- 6) 14 habitaciones para los trabajadores con un total de carga de 8,400 W
- 7) 8 Postes con alumbrado exterior de arbotantes Vapor de Mercurio con 3,200 W

Con lo cual se cuenta con una carga instalada de 33.9 kW

Esta granja no tiene las instalaciones necesarias para la reproducción, maternidad, lactancia y destete, por lo que las necesidades térmicas no son aplicables, normalmente en una granja de ciclo completo se cuenta con calentadores de gas o calentadores por resistencia eléctrica para el área de maternidad donde se mantiene a los lechones un periodo durante los primeros días de lactancia.

2.7. Costos de los consumos energéticos de los servicios actuales

La granja ha estado consumiendo en los últimos años un promedio de consumo de energía eléctrica de 11237.2 kWh, las cuales se generan de acuerdo a la siguiente tabla de usos:

Instalación	Capacidad	horas	Factor de uso	Consumo/d	Consumo/mes	Costo kWh	Costo total/mes
2 bombas agua (1 operando)	2984 W	10	6:00-13:00 y 14:00-17:00 h	14920 Wh	447.6 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 402.84
Alumbrado porquerizas	5320 W	12	19:00-07:00 h	63840 Wh	1915.2 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 1,723.68
Alumbrado exterior	3200 W	11	19:30-06:30 h	35200 Wh	1056 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 950.40
8 Motores grano	11936 W	6	6:00-9:00, 14:00-17:00	71616 Wh	2148.48 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 1,933.63
Oficina	2100 W	24	75%	37800 Wh	1134 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 1,020.60
Habitaciones	8400 W	24	75%	151200 Wh	4536 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 4,082.40
Total instalado	33940 W			374576 Wh	11237.28 kWh	0.9 \$/kWh	\$ 10,113.55

Tabla No. 6. Consumo de los equipos instalados en la granja Mesa del Seri
(Fuente: Propia)

En cuanto al costo por kWh, si bien existen diversas tarifas en función del uso de la energía, del horario y las zonas específicas, de acuerdo con la información reciente, el costo se ubica en promedio en \$0.90 el kWh.

El costo mensual por consumo de energía eléctrica es:

$$\text{Consumo actual granja} = (11,237 \text{ kWh}) \left(0.9 \frac{\$}{\text{kWh}} \right) = \$10,113.55$$

2.8. Conclusiones

Dentro de este capítulo se realizó un inventario de las instalaciones de la granja, sus necesidades de suministro de energía que son por 11.2 kW, lo que representa en gastos de la producción del negocio que son alrededor de \$10,113 pesos.

Se realizó un inventario de la población de cerdos la cual puede variar alrededor de las 2000 cabezas en las 2 etapas de engorda que son crecimiento y finalización, sin embargo a la fecha de noviembre de 2010, eran un total de 1935 cabezas.

Según varios autores se realizaron los análisis de la cantidad de excretas que pueden generarse con esta cantidad y tamaño de cerdos, lo cual arrojó diferentes valores y se eligió el más conservador, pero sí el más específico de todos, obteniendo 7,573.17 kg de excretas por día, lo cual servirá de base para posteriormente calcular su potencial energético en el siguiente capítulo 3. Sin embargo todos los valores pueden ser susceptibles de utilizarse, ya que al ser teóricos, todos se pueden considerar correctos, asimismo, una vez que se decida que se vaya a implementar el proyecto será muy necesario ajustar los criterios seleccionados en esta Tesis, determinado las cantidades reales que se producen eligiendo un método de medición de la contabilización de la producción diaria de excretas, físicamente en la granja y obtener los valores promedio reales para recalculer los potenciales energéticos y el tamaño real del proyecto. Por lo cual en este momento como objetivo de la presente, se continuará con estos valores para determinar su viabilidad técnica y económica-financiera.



CAPITULO 3
POTENCIALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA DE LOS RESIDUOS

3. Potencialidad de la producción de energía de los residuos

Introducción

Dentro del presente capítulo se visualizarán las tecnologías disponibles para el procesamiento de los residuos de la granja, así como seleccionar la más adecuada para el proyecto y desarrollar los cálculos necesarios para obtener la cantidad de biogás producido, así como la capacidad de energía disponible en dicho gas. Con la información anterior se podrán obtener los datos del proyecto que nos servirán de base para determinar el equipo de conversión de la energía química a eléctrica, su desempeño y finalmente los números operativos que nos pueden hablar a cerca de la factibilidad del proyecto.

3.1. Tecnologías de procesamiento de los residuos porcícolas

La utilización más usual de los estiércoles es su valorización como fertilizantes y regeneradores de suelos, pero en la actualidad el uso como fuente de energía está tomando cada vez mayor aprovechamiento. Para ello existen diferentes tecnologías que podrían ejemplificarse en la tabla No. 6. Dependiendo del uso que se le dará al estiércol se selecciona la tecnología a emplear para tratarlos, en el caso de fertilizantes orgánicos, antes de incorporarlos al suelo es necesario llevar a cabo algunos tratamientos que van a permitir reducir su carga contaminante. Estos tratamientos van a disminuir su contenido en N, por lo que el producto resultante exigirá una superficie de cultivo menor que la que sería necesaria si no se hubiera efectuado el tratamiento. Por otra parte, como fuente de energía renovable se requieren procesos más complejos. A continuación se presentan algunos de los sistemas más utilizados.

3.1.1 Métodos Físicos.

Entre los métodos físicos existen varios sistemas de enrejado y filtración que suelen ser utilizados para separar los sólidos de los líquidos del estiércol. Ellos incluyen:

Malla Estacionaria. Los sólidos se mueven transversalmente en la cara de una malla inclinada hacia una unidad de almacenamiento mientras que los líquidos pasan a través de ella y drenan hacia un almacenamiento líquido.

Malla Vibradora. La malla vibra rápidamente para ayudar con el movimiento transversal de los sólidos en la malla.

Malla de Rotación. Los sólidos pasan entre una serie de mallas cilíndricas y rodillos de prensa adentro de una unidad de almacenamiento mientras que los líquidos drenan lejos a través de mallas hacia una unidad de almacenamiento.

Cinturón Poroso. Los líquidos son presionados por rodillos a través de un cinturón o banda porosos mientras que los sólidos son acarreados a lo largo de la parte superior del cinturón.

Tipo de tratamiento	Características
Métodos físicos: Separadores de Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Por gravedad • Mecánicos: tamices, separadores de tornillo, prensas, etc.
Métodos físico-químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Evaporación • Filtración • Procedimientos mixtos
Métodos biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Lagunas • Digestores • Compostaje

Tabla No. 7. Tipos de Tratamientos del estiércol

Fuente: propia con información de Oropeza, N.,(2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*. Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo.

3.1.2 Evaporación en balsas

Se entiende por balsas de evaporación: las instalaciones que tengan por finalidad la desecación de los estiércoles fluidos por efecto de la evaporación natural.

Con la construcción de las balsas se da solución a la producción de excretas de cerdos y otros ganados. El propietario asume la responsabilidad individual del mantenimiento de la instalación y la gestión de los residuos obtenidos. Asimismo existe la garantía suficiente de que las balsas, alcanzado el fin de su vida útil, serán clausuradas adoptando las medidas necesarias para evitar daños al Medio Ambiente.

El estiércol es almacenado durante 2-3 meses en una fosa en la que se producen reacciones de tipo anaerobio. Al estar esta fosa cubierta, por una capa flotante de arcilla, se consideran unos coeficientes de reducción de los niveles de nutrientes a los niveles más bajos.

Posteriormente el estiércol pasa a las balsas de desecación en las que se procede a su evaporación de manera natural. Durante el tiempo de permanencia en las balsas, el N va disminuyendo (por procesos de fermentación aeróbica y por emisiones a la atmósfera), llegando a alcanzarse una pérdida del orden de un 75%.

3.1.3. Lagunas Anaerobias

Las lagunas anaerobias se diseñan para almacenar y tratar las deyecciones porcinas diluidas con agua. Una laguna es un tanque biológico en el que las deyecciones son parcialmente descompuestas antes de utilizarlas, como una fuente de fertilizantes, para el riego de parcelas.

Puede proyectarse una única fase o bien dos fases, en este caso a la o las lagunas de la segunda fase se las denomina Facultativas. La o las lagunas propiamente Anaerobias son lagunas profundas (más de 3 metros de altura) que tienen como objetivo principal la reducción de la carga orgánica.

Las lagunas Facultativas tienen como objetivo la reducción de nitrógeno y fósforo, además de seguir reduciendo la carga orgánica que les llega de las lagunas anaerobias de la primera etapa.

Las ventajas de las lagunas son:

- Alta eficiencia para la eliminación de la materia orgánica y el N.
- Capacidad de adaptación a variaciones bruscas de caudal y de la carga orgánica aplicada, por los elevados tiempos de retención.

- Un manejo hidráulico de las deyecciones.
- Reducción de los olores durante la aplicación del líquido final resultante, disminución debida al alto grado de estabilización del efluente.
- La alta reducción del contenido de nitrógeno minimiza la superficie de tierra necesaria para su aplicación.
- Un almacenamiento a largo plazo con un costo mínimo.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Posibilidad de recircular el líquido de la última laguna y utilizarlo para el llenado de fosas.
- Posibilidad de proyectarlas de modo que su ampliación sea fácil, lo que le da una gran flexibilidad al sistema.

3.1.4 Digestores de Fermentación anaeróbica

La fermentación anaeróbica es un proceso biológico que ocurre de manera natural, en el cuál los excrementos y desechos orgánicos son descompuestos parcialmente por una población mixta de bacterias, en ausencia de oxígeno. El diagrama de flujo de la fermentación anaeróbica se muestra en la Figura No. 13 y el total de la reacción, representando la materia orgánica con la molécula de glucosa, se puede resumir como sigue:

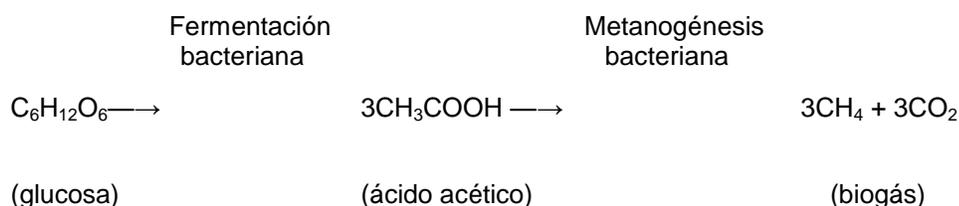


Figura 10. Reacción de la Fermentación Anaeróbica.

Fuente: Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

El proceso controlado de la fermentación anaeróbica se puede dividir en dos fases consecutivas, la de licuefacción y la de gasificación. Durante la primera, las bacterias facultativas degradan una gran proporción de la materia orgánica en ácidos orgánicos, en particular ácido acético (colectivamente son llamados los ácidos grasos volátiles, AGV). Después, durante la fase gaseosa, los AGV son convertidos en una mezcla de metano y dióxido de carbono por medio de bacterias metanogénicas (último proceso químico de Metanogénesis). Los principales parámetros fisicoquímicos óptimos para la fermentación anaeróbica y la producción de biogás, que afectan los procesos se resumen en los siguientes²⁶ :

1. PH: 7-8
2. Relación Carbono: Nitrógeno (C:N) de: 15-30:1
3. Temperatura:

²⁶ Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

- El rango mesofílico normal de digestores es 30–40°C, con temperatura óptima de 35°C.
 - Rango termofílico alto 45–60°C, con temperatura óptima entre 53–55°C, usando sistemas de calentamiento artificial.
4. Sólidos totales: Es fundamental la dilución del material de desecho antes de la fermentación. La concentración óptima de sólidos totales en un digestor está entre 3 y 10%.

Comparada con las técnicas aeróbicas de estabilización, la fermentación anaeróbica es más lenta (a temperatura ambiente normal), produce menos energía libre como calor (y por lo tanto es menos eficiente en términos de eliminación térmica de bacterias), contiene una menor biomasa bacteriana (convirtiendo solamente de 10–20% del substrato carbonoso en nueva biomasa bacteriana), y el producto final (sedimento digerido o suspensión y supernadante líquido) con una demanda biológica de oxígeno más alta²⁷. A pesar de lo anterior, bajo condiciones controladas, la digestión anaeróbica de suspensión de excremento de cerdo puede reducir el contenido de sólidos totales en 40%, la demanda química de oxígeno en 53% y la demanda biológica de oxígeno en 83%, en un período de 10 días de fermentación a 35°C. Además, aparte del obvio valor económico del biogás como combustible doméstico o industrial con un valor calórico²⁸ que varía entre 20 y 26 MJ/m³. El proceso de fermentación produce también dos subproductos con potencial de fertilizante en agricultura y acuicultura, a saber - sólidos estabilizados (sedimento digerido o en suspensión) y un sobrenadante líquido o efluente.

3.1.5 Compostaje.

La composta es un fertilizante orgánico que se aplica principalmente para estimular la cadena alimenticia heterotrófica de los estanques de cultivo de la acuicultura, así como brindar nutrientes al suelo en los cultivos. A pesar de que virtualmente todos los materiales biológicos se pueden considerar como fertilizantes orgánicos potenciales, los fertilizantes más comúnmente usados en acuicultura y aún en la agricultura, son los desechos de los animales de granja (por ejemplo heces de los animales de granja, con o sin orina y paja).

Aparte de que son fácilmente disponibles y de la conveniencia de ser económicos las excretas animales representan un paquete de nutrientes que contienen del 72 al 79% del nitrógeno y 61 al 87% del fósforo del alimento original que se les proporcionó a los animales.

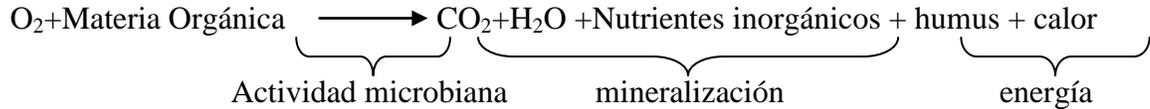
En muchas partes del mundo, los abonos orgánicos y excrementos son primero estabilizados biológicamente, mediante ensilado aeróbico o fermentación anaeróbica, antes de aplicarse como fertilizante en los estanques de la acuicultura. Ambos procesos se fundamentan en la descomposición microbiana controlada de un desecho orgánico; el primero (ensilado) en presencia de oxígeno atmosférico, y el segundo (fermentación) en ausencia del mismo.

El compostaje por ensilado es un proceso aeróbico, en el cuál los estiércoles y desechos orgánicos son parcialmente descompuestos en "humus", compuesto de color oscuro rico

²⁷ Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

²⁸ Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

en carbono orgánico, por una población mezclada de microorganismos e invertebrados, en un medio ambiente controlado, caliente y húmedo. Se realiza por medio del apilamiento de capas de estiércol, intercaladas con capas de tierra, residuos de vegetales, cal, pastos secos o verdes y con cierta humectación.



En el proceso de ensilado están involucrados principalmente microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios; sus números/g en ensilado húmedo comúnmente se hayan entre 108-109, 105-108, 104-106, 104 y 104-105 respectivamente), y en menor grado animales invertebrados (gusanos, nematodos, anélidos, lombriz de tierra, miriápodos, cienpiés, ácaros, escarabajos y larvas de dípteros. Durante el curso del ciclo de ensilado, alrededor del 50% del carbón orgánico contenido en el material original se pierde como dióxido de carbono y agua, con una reducción consecuente en el peso total inicial y un incremento equivalente en la densidad de nutrientes (en términos de contenido de nutrientes y biomasa de animales vivos).

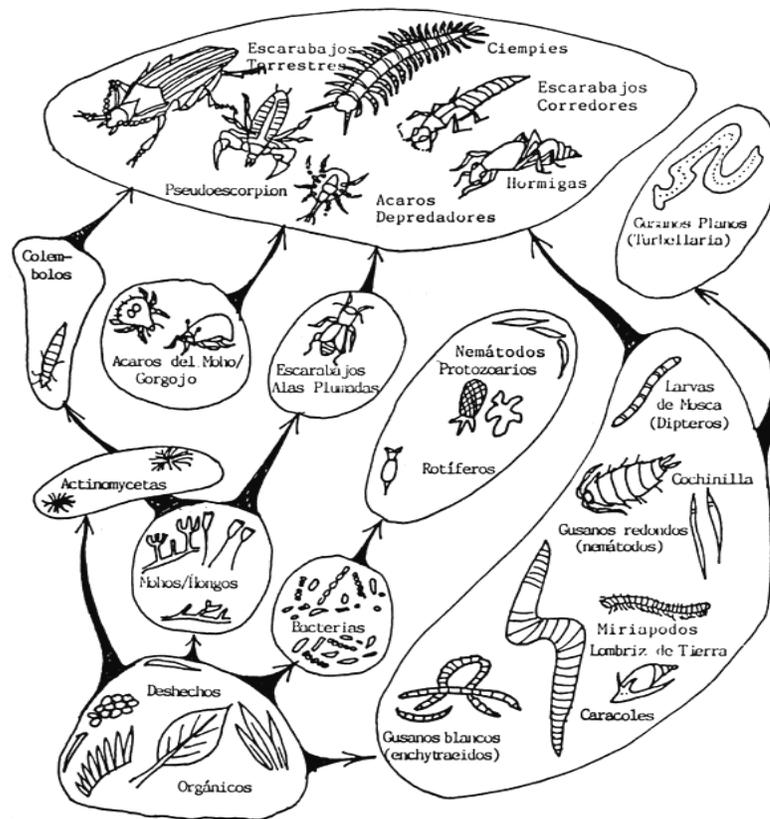


Figura No. 11. Cadena alimenticia del silo (proceso de ensilado).

Fuente: Depósito de Documentos de la FAO, (1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

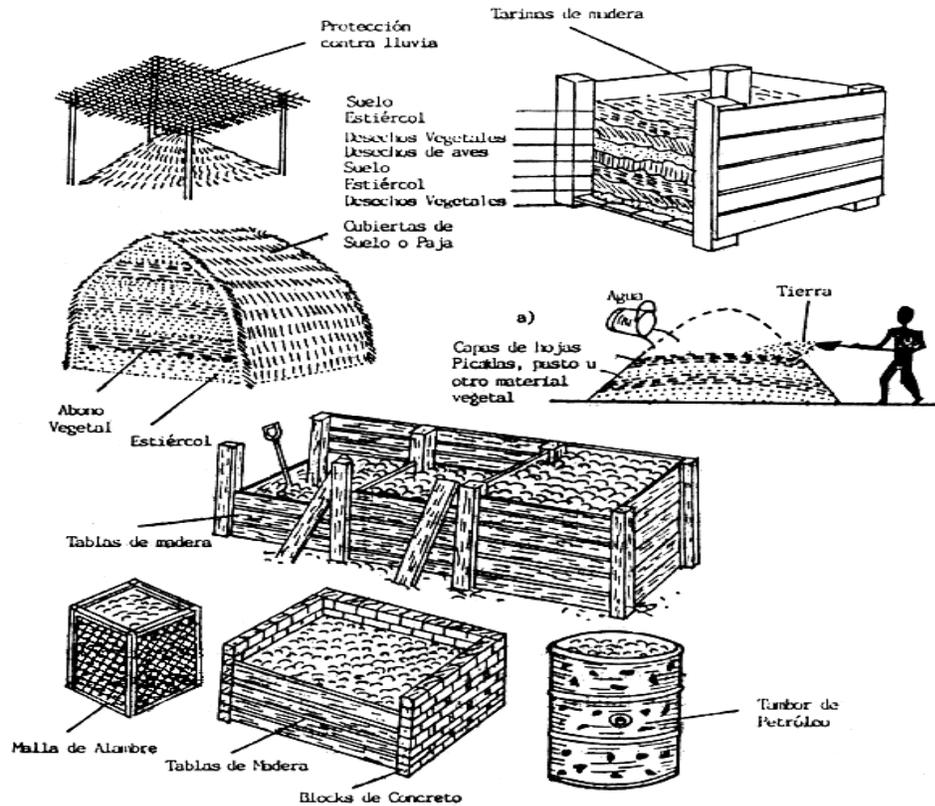


Figura No. 12. Varios tipos de silos de composta (proceso de ensilado).

Fuente: Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

Principales factores fisicoquímicos que afectan al ensilado.

1. Contenido de nutrientes - relación Carbono: Nitrógeno (C:N)
2. Contenido de humedad, ventilación y tamaño de partícula
3. Temperatura
4. Nivel de PH
5. Tamaño de la pila para ensilaje
6. Mezclado o proporciones de materiales para ensilar

3.2. Potencialidad de producción de energía de los residuos

Aprovechando el tratamiento actual de la granja el cual utiliza el método de lagunas de evaporación para el manejo de las aguas de lavado de las porquerizas y combinándolo con la tecnología de la digestión anaeróbica, se logra el objetivo de producir gas metano como se describe en la sección 3.1.4 de esta Tesis. Con ello se procederá a obtener la cantidad de gas metano disponible que se tiene en los residuos de la granja y el cual viene asociado en el biogás de acuerdo a la Tabla No. 1, se llevará a cabo el análisis mediante 3 métodos:

1. Por medio del método simplificado (Nivel 1) con los factores de emisión de metano por defecto del Capítulo 10 de las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC de la ONU) para Inventarios nacionales de gases de efecto Invernadero.

2. Utilizando la cantidad de masa en excretas obtenido en el capítulo anterior del presente proyecto y el método de Nivel 2 del mismo capítulo del documento del IPCC.
3. Utilizando los sistemas de computo el Simulador Retscreen (para después alimentar al Simulador Thermoflex versión 21.0 y comparar los datos de generación).

METODO 1. Factores de emisión por defecto. Para este método se inicia haciendo una caracterización de los datos. En la presente granja tenemos un censo de animales de cerca de 2000 cabezas de cerdos, sin embargo se basarán los cálculos con la Población promedio anual (PPA), Ecuación 10.1 del IPCC, la cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$PPA = \frac{(\text{días que se mantiene vivo}) \times NAPA}{365} \quad (1)$$

Donde,

PPA= Población promedio anual

NAPA= Cantidad de animales producidos anualmente

Teniendo los siguientes datos:

Tiempo de duración del animal dentro de la granja antes de ser enviado al rastro: 20 semanas =140 días.

Cantidad de animales producidos anualmente: son 2000 cada periodo de 20 semanas, o sea 4000 cada 40 semanas. En 52 semanas del año se producen:

$$NAPA = \frac{4000 \times 52}{40} = 5200 \text{ animales}$$

NAPA=5200 animales anualmente.

Sustituyendo en la Ecuación (1), se tiene:

$$PPA = \frac{(140 \text{ días}) \times 5,200 \text{ animales}}{365} = \mathbf{1,994.52 \text{ cabezas}}$$

Posteriormente tenemos la Ecuación 10.19 del IPCC, para obtener la cantidad de Metano producido, seleccionando el Nivel 1 o método simplificado para estimar las emisiones que sólo requiere los datos de la población de ganado y del clima de la región o la temperatura, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC, como sigue:

$$CH_4 = \frac{(FE)(N)}{10^6} \quad (2)$$

Donde,

CH₄ = cantidad de metano, en Gg CH₄/año

FE = Factor de emisión de metano para la población definida, en kgCH₄/cab•año

N = Cantidad de cabezas de la población de cerdos, utilizamos PPA
 10^6 = Factor de conversión de kg a Gg

De acuerdo al Cuadro 10A-7, del Capítulo 10 de las Directrices del IPCC de la ONU para Inventarios nacionales de gases de efecto Invernadero, encontramos el EF para la zona climática donde se encuentra la granja, de acuerdo a la temperatura media anual de la ciudad de Hermosillo²⁹ de 24.8 °C, se usa 25 °C y se obtiene un valor para EF de 20.

Sustituyendo en (2), se hacen las operaciones siguientes:

$$CH_4 = \frac{(FE)(N)}{10^6} = \frac{(20\text{kgCH}_4/\text{cab}/\text{año})(1994.52\text{cabezas})}{10^6} = 0.0398904\text{GgCH}_4/\text{año}$$

$$\text{CH}_4 = 39,890.4 \text{ kg CH}_4/\text{año}$$

METODO 2. Utilizando el dato de la cantidad de excretas (material sólido y líquido) que se producen en un día cualquiera como residuos de la granja de **7,573.17 kg**, calculado en el capítulo 2:

Para determinar la cantidad de biogás que se produce de las excretas es necesario conocer la composición del estiércol o excreta, primeramente tenemos un producto húmedo formado por las heces y la orina. La formación de este residuo depende de la edad de los cerdos y químicamente se constituye por los siguientes componentes:

Edad	Materia seca	Carbono	Nitrógeno	Amonio	Fosfato
Lechón	2.98%	2.72%	0.4%	0.24%	0.10%
Hembra reproductora	7.95%	4.0%	0.68%	0.24%	0.10%
Engorda	6.62%	3.35%	0.57%	0.27%	0.12%

Tabla No. 8 Composición de las excretas.
 Fuente: Departamento de Pesca/Depósito de Documentos de la FAO

De la materia orgánica presente se tiene un porcentaje de sólidos totales, y a su vez de estos una cantidad que son denominados Sólidos volátiles. Estos últimos son la fuente de la cual se produce el biogás el cual está formado por gas metano en un promedio del 65%, de acuerdo a la siguiente gráfica.

²⁹ Sistema Meteorológico Nacional,(s.f). consultado en enero de 2011, de la dirección electrónica <http://smn.cna.gob.mx>, Comisión Nacional del Agua.

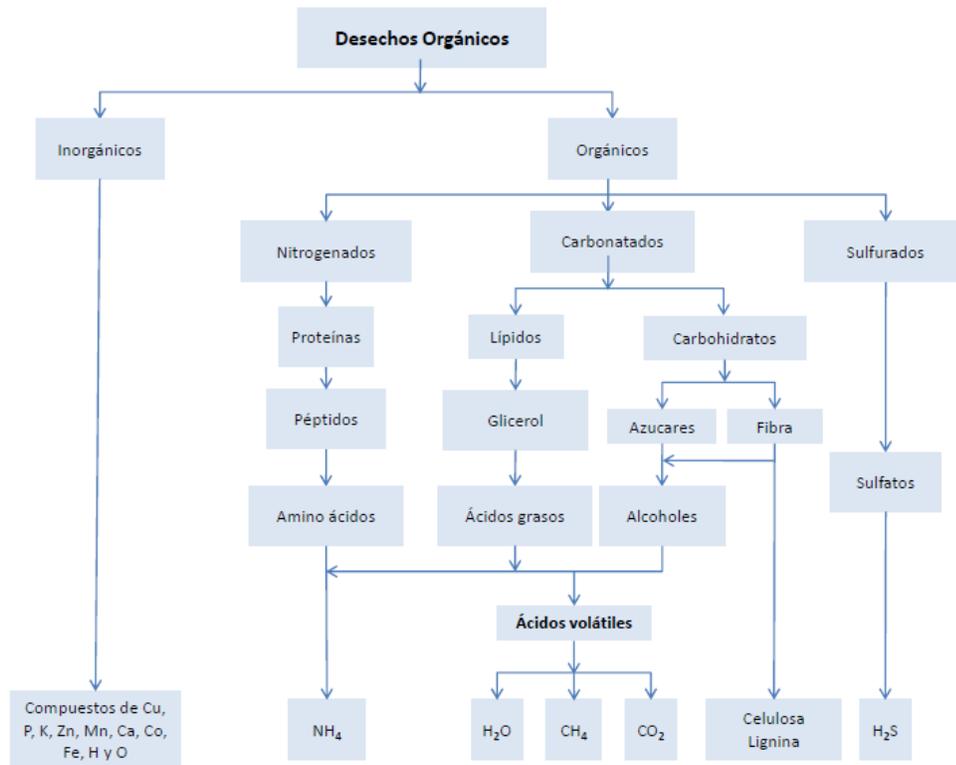


Figura No. 13. Principales caminos bioquímicos durante la fermentación de desechos orgánicos

Fuente: Taiganides, E.P. (1980). *Biogás, recuperación de energía de los excrementos animales Zootecnia*.

Los sólidos volátiles están formados por la cantidad de materia sólida que puede evaporarse o ser digerible en el procesamiento de residuos; por definición los sólidos volátiles son los que se convierten en forma de gas, cuando los sólidos totales de una sustancia son sometidos a una combustión a 600°C. En el caso de las excretas del ganado porcino sus sólidos totales presentes son del orden 13.5% de la excreta húmeda total y los sólidos volátiles³⁰ del 80-82.4% de los sólidos totales. Por lo que es de concluirse que de cada kilogramo de excretas obtenemos un 10.8-11.1% de sólidos volátiles (SV), siendo así utilizamos el menor, 10.8%, y tenemos:

$$SV \text{ de } 7,573.17 \frac{kg}{d} \text{ de excretas} = \left(7,573.17 \frac{kg}{d} \right) (0.108 SV) = 817.9 \frac{kg SV}{d}$$

Es necesario apoyar nuestro análisis en la ecuación del Nivel 2 del IPCC, para el cálculo de Factores de emisión siguiente:

$$FE_c = SV(365 \text{ dias}) \left[(B_o)(0.67 \text{ kg/m}^3) \left(\frac{MFC}{100} \right) (MS) \right] \quad (3)$$

De donde sustituyendo en (3) para obtener la producción de metano anual, al contar con la cantidad de excretas diarias y sus sólidos volátiles SV, eliminamos la variable N de población de animales, ya que este dato está considerado en la cantidad de SV totales:

³⁰ a) Ciudad, J.,(2003). *Tratamientos de deyecciones porcinas*, Publicado en PORCI 2003, nº 79

b) Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca

$$\text{CH}_4 = \frac{\text{SV}(365 \text{ días}) \left[(\text{B}_o)(0.67 \text{ kg/m}^3) \left(\frac{\text{MFC}}{100} \right) (\text{MS}) \right]}{10^6} \quad (4)$$

Donde,

FE_c = Factor de Emisión específico de Metano en el ganado

SV = masa de Sólidos volátiles excretados por día, en kg.

B_o = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado, en $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV}$

0.67 = factor de conversión $\text{m}^3 \text{CH}_4$ a kg CH_4 .

MCF = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión y por región climática, en %.

MS = Fracción de las excretas que se manejan usando el sistema de gestión proyectado.

De acuerdo al Cuadro 10A-7, del Capítulo 10 de las Directrices del IPCC de la ONU para Inventarios nacionales de gases de efecto Invernadero, encontramos los siguientes valores para B_o , MCF y MS.

$\text{B}_o = 0.48 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV}$

MCF = 79 %

MS = 32.8 %

Sustituyendo en (4)

$$\text{CH}_4 = \frac{(817.9 \text{ kg SV/d})(365 \text{ d/año}) \left[(0.48 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV})(0.67 \text{ kgCH}_4/\text{m}^3\text{CH}_4) \left(\frac{79}{100} \right) (0.328) \right]}{10^6}$$

$$\text{CH}_4 = 0.02487769 \text{ Gg} \frac{\text{CH}_4}{\text{año}} = 24,877.69 \text{ kg} \frac{\text{CH}_4}{\text{año}}$$

$$\boxed{\text{CH}_4 = 24,877.69 \text{ kg CH}_4/\text{año}}$$

METODO 3. Se captura dentro de las herramientas del sistema Retscreen la información de la cantidad de cerdos, así como los pesos de los mismos y con ello se obtiene la siguiente pantalla:

Herramientas RETScreen - Proyecto de medición de la eficiencia energética

Selección - opciones

<input type="checkbox"/> Combustible encendido	<input type="checkbox"/> Intercambiador de calor de suelo	<input type="checkbox"/> Combustible definido por el usuario - gas
<input checked="" type="checkbox"/> Biogás	<input type="checkbox"/> Rendimiento calórico	<input type="checkbox"/> Combustible definido por el usuario - sólido
<input type="checkbox"/> Propiedades de cobertura de edificios	<input type="checkbox"/> Poder calorífico y precio del combustible	<input type="checkbox"/> Agua y vapor
<input type="checkbox"/> Artefactos y equipos	<input type="checkbox"/> Método de estimación de costos por fórmulas para hidroeléctricas	<input type="checkbox"/> Bombeo de agua
<input type="checkbox"/> Tarifa de electricidad mensual	<input type="checkbox"/> Gas de relleno sanitario (biogás)	<input type="checkbox"/> Propiedades de la ventana
<input type="checkbox"/> Tarifa de electricidad - tiempo de uso	<input type="checkbox"/> Conversión de unidades	<input type="checkbox"/> Personalizado1
<input type="checkbox"/> Equivalencia GEI	<input type="checkbox"/> Combustible definido por el usuario	<input type="checkbox"/> Personalizado2

Biogás

Unidad	Peso promedio por unidad kg	Cantidad	Material seco %	Material seco - sólidos volátiles %	Factor de producción de biogás m³/kg	Producción de biogás - anual m³	Contenido de metano %
Cerdo	80	878	7.0%	100.0%	0.69	70,412	68%
Cerdo	45	1,057	7.0%	100.0%	0.69	47,681	68%
Definido por el usuario						0	
Definido por el usuario						0	
Total		1,935				118,093	68%

Figura No. 14. Pantalla de resultados importada del Software Retscreen.
Fuente: Elaborada propia

De lo cual los 118,093 m³ biogás/año, contendrán un 68% de metano de acuerdo a Retscreen, por lo que a su vez de esto obtenemos:

Producción de biogás = 118,093 m³ biogás/año

$$Volumen\ de\ metano\ producido = \left(118,093 \frac{m^3\ biogas}{año} \right) (0.68) = 80,303.24 \frac{m^3\ CH_4}{año}$$

$$\text{Masa de } CH_4 = \left(80,303.24 \frac{m^3 CH_4}{\text{año}}\right) \left(0.67 \frac{kg CH_4}{m^3 CH_4}\right) = 53,803.17 \frac{kg CH_4}{\text{año}}$$

CH₄ = 53,803.17 kg CH₄/año

Así en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos por los 3 métodos

METODO	Cantidad de CH ₄
1. Simplificado IPCC	39,890.4 kg CH ₄ /año
2. Factores de emisión IPCC	24,877.69 kg CH ₄ /año
3. Software Simulador Retscreen.	53,803.17 kg CH ₄ /año

Tabla No. 9. Resumen de resultados de producción de metano por los 3 métodos.
Fuente: Elaborada propia

Además de los resultados anteriores también se menciona que los demás subproductos de este tratamiento biológico de los residuos de la granja, como resultado del proceso de fermentación, tienen un alto potencial de fertilizante en agricultura y acuicultura, a través de los sólidos estabilizados y el agua residual o efluente.

3.3. Cálculo del digestor

Para el cálculo del digestor se toma como base el volumen de residuos producidos por la granja diariamente incluyendo la cantidad de agua de lavado y el tiempo de retención.

Por lo que se requieren los siguientes datos,

Carga o cantidad de excretas: 7,573.17 kg/d
 Densidad de las excretas: 0.66-0.7 kg/l (0.66 hembras lactantes, 0.7 engorda)
 Agua de lavado de las porquerizas: 38,700 litros diarios de agua de lavado
 Temperatura media anual: 25°C

Así mismo $38,700/7,573.17 = 5.11$ litros de agua con respecto a cada kg de excretas, que es aceptable debido a que esta relación debe estar entre 4 y 5:1, por lo tanto se utiliza este valor de volumen de agua para el cálculo del digestor.

Aunque la fermentación anaeróbica puede darse en un rango³¹ amplio de 3°C y 70°C, se diferencian tres rangos de temperatura:

- Psicrófilo: Menor a 20°C.
- Mesófilo: 30°C y 40°C.
- Termófilo: Entre 50°C y 70°C.

³¹ Werner, U., Stöhr, U., Hees, N. (s.f.). *Biogas Plants in Animal Husbandry*. Deutsche Zentrum Für Entwicklungstechnologien (en línea). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Consultado en 30 de Julio de 2006. Disponible en: www.undp.kz/library_of_publications/files/155-28461.zip

La producción de biogás incrementa con la temperatura, pero también la producción de amonio aumenta, lo que provoca una posible inhibición de la producción de gas. En general las plantas de biogás trabajan adecuadamente en el rango mesofílico.

Para el tiempo de retención se toma como base el promedio anual de temperaturas de la zona ya que este tiempo variara conforme a la temperatura comportándose inversamente proporcional a la misma, por lo tanto disminuirá en tiempo en el verano y aumentara en invierno, pero en general en la zona climática de la Granja (seco desértico) nos encontraremos gran parte del año en el rango mesofílico.

Tiempo de Retención: 15 días (recomendado por la literatura de Werner, U. Stohr U., para excretas de cerdos).

Primero se convierte la masa de excretas producida diariamente a volumen:

$$\text{Volumen excretas} = \frac{\left(7573.17 \frac{\text{kg excretas}}{\text{d}}\right)}{0.7 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 10,818.81 \text{ l}$$

$$\text{Volumen carga diaria} = 38700 \text{ l agua} + 10818.81 \text{ l excretas} = 49,519.81 \frac{\text{l}}{\text{d}}$$

Volumen de la carga diaria= 49,518.81 litros diarios

$$\text{Volumen carga c/15 dias} = 49519.81 \frac{\text{l}}{\text{d}} \times 15 \text{d} = (742782.15 \text{ l}) \left(\frac{\text{m}^3}{1000 \text{ l}}\right) = 742.782 \text{ m}^3$$

Posteriormente se debe considerar la cantidad de gas metano generado por día que son

$$\text{Volumen de biogas diario} = \left(24,877.69 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{año}}\right) \left(\frac{\text{año}}{365 \text{ d}}\right) \left(\frac{\text{m}^3}{0.67 \text{ kg}}\right) = 101.72 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Pero está asociado al biogás generado, en un 65%, en promedio ya que regularmente para cerdos puede andar cerca del 70%.

Por lo que biogás generado es = 101.72/0.65 = 156.505 m³/día

Este volumen de gas es el que se espera sea generado por día, pero a partir del día 15 de fermentación una vez alcanzada la estabilidad entre carga, drenado de liquido y extracción de biogás, por lo que se agrega este volumen adicional al cálculo. Entre los días 1 al 15 se espera un mínimo de gas generado, se iniciara el proceso al día 15 e ira presentando un incremento gradual que será estable en un periodo de alrededor del primer mes.

$$\text{Volumen mínimo digestor} = 742.78 \text{ m}^3 + 156.5 \text{ m}^3 = 899.28 \text{ m}^3$$

Es común agregar un 25% de sobredimensionamiento por cualquier contingencia, quedándonos:

$$\text{Capacidad digestor} = 899.28 \text{ m}^3 \times 1.25 = \mathbf{1,124.1 \text{ m}^3}$$

El tipo de digester más comúnmente utilizado y que se seleccionó es una bolsa de geomembrana de polietileno sintético de alta densidad, la cual puede ser instalada sobre el terreno natural realizando una excavación para recibir la parte líquida y la cubierta flotante o inflable para recibir el biogás generado se asegura y sella alrededor del perímetro del digester. La geomembrana es una de las mejores opciones para realizar los procesos de biodegradación de desechos de granjas porcinas y establos, por su gran resistencia a la radiación solar y a la transpiración de las sustancias de los desechos. Su diseño permite el retiro de sólidos sin romper el sello de retención del gas. Los efluentes resultado del proceso de digestión se pueden drenar y ser llevados a una laguna de clarificación para aplicarlos en el riego de las áreas de cultivo de forraje aledaños a la granja.

3.4. Cálculo de la energía eléctrica bruta diaria

Con los valores obtenidos de la cantidad de gas metano generado en el digester tenemos, y el equipo seleccionado para Generar la energía eléctrica por medio de Motor de Combustión Interna, se procederá a calcular la energía disponible por los 3 métodos:

METODO 1:

Masa de Metano = 0.0398904 Gg CH₄/año

Datos adicionales:

Poder calorífico del Metano³² = 50.01012 TJ/Gg CH₄

Factor de Conversión = 277.777MWh/TJ

Eficiencia del Moto-Generador = 30.1-33%

Con lo cual tenemos:

$$\text{Energía química disponible} = \left(0.0398904 \frac{\text{Gg CH}_4}{\text{año}}\right) \left(50.01012 \frac{\text{TJ}}{\text{Gg CH}_4}\right) = 1.99 \frac{\text{TJ}}{\text{año}}$$

$$\text{Energía química disponible} = \left(1.99 \frac{\text{TJ}}{\text{año}}\right) \left(277.77 \frac{\text{MWh}}{\text{TJ}}\right) = 554.14 \frac{\text{MWh}_{\text{quimicos}}}{\text{año}}$$

Que con una eficiencia en la conversión de la energía del 30.1%:

$$\text{Energía eléctrica disponible} = (554.14 \text{ MWh})(0.301) = 166.79 \frac{\text{MWh}_{\text{electricos}}}{\text{año}}$$

Con esta generación anual calculamos la energía bruta diaria:

$$\text{Generación diaria bruta} = \left(166.79 \frac{\text{MWh}_{\text{electricos}}}{\text{año}}\right) \left(\frac{\text{año}}{365 \text{ d}}\right) = 0.45697 \frac{\text{MW}}{\text{d}}$$

Con este dato se revisará y considerará la carga total instalada en la granja para seleccionar el horario en que se presentan los consumos, y con esto determinar la

³² García, J., Amell, A., Burbano, H.,(2006). *Análisis comparativo de las propiedades de combustión de las mezclas metano-hidrógeno con respecto al metano*. INGENIERÍA & DESARROLLO, Número 20, Julio-Diciembre, 2006, ISSN: 0122-3461

capacidad del generador idóneo y generar para suministrar la carga en dicho horario, ya que tendremos en el digestor un almacenamiento de energía en forma de gas.

Sin embargo inicialmente es posible llegar al tamaño de nuestro equipo de generación eléctrica unitario si operamos teóricamente las 24 horas, a lo que se define como la capacidad instalada, como sigue:

$$\text{Generación por hora} \left(166.79 \frac{MWh_{\text{electricos}}}{\text{año}} \right) \left(\frac{\text{año}}{365 \times 24h} \right) = 0.0190 \text{ MW}$$

Esto es una capacidad teórica unitaria de = 19.04078 kW eléctricos

METODO 2:

Masa de Metano = 0.02487769 Gg CH₄/año

Con lo cual tenemos:

$$\text{Energía química disponible} = \left(0.02487769 \frac{Gg \text{ CH}_4}{\text{año}} \right) \left(50.01012 \frac{TJ}{Gg \text{ CH}_4} \right) = 1.24 \frac{TJ}{\text{año}}$$

$$\text{Energía química disponible} = \left(1.24 \frac{TJ}{\text{año}} \right) \left(277.77 \frac{MWh}{TJ} \right) = 345.59 \frac{MWh_{\text{quimicos}}}{\text{año}}$$

Que con una eficiencia en la conversión de la energía del 30.1%:

$$\text{Energía eléctrica disponible} = (345.59 \text{ MWh})(0.301) = 104.02 \frac{MWh_{\text{electricos}}}{\text{año}}$$

$$\text{Generación diaria bruta} = \left(104.02 \frac{MWh_{\text{electricos}}}{\text{año}} \right) \left(\frac{\text{año}}{365 \text{ d}} \right) = 0.28499 \frac{MW}{d}$$

$$\text{Generación por hora} \left(104.02 \frac{MWh_{\text{electricos}}}{\text{año}} \right) \left(\frac{\text{año}}{365 \times 24h} \right) = 0.0118 \text{ MW}$$

Esto es una capacidad teórica unitaria de = 11.8748 kW eléctricos

METODO 3:

Comparativamente con los valores obtenidos del volumen de biogás por medio del simulador Retscreen de 118,093 m³ tenemos:

Volumen metano producido = 118,093 m³ biogás/año

Masa de metano = 53803.1708 kg/año

Y de acuerdo al programa electrónico Thermoflow se puede obtener la composición del biogás así como su Poder calorífico inferior.

Fuel Summary	
Fuel phase	= Gas
LHV @ 25C	= 16465 kJ/kg
HHV @ 25C	= 18262 kJ/kg
Fuel Supply Temperature	= 25C
Total LHV + Sensible Heat @ 25C	= 16465 kJ/kg
Fuel enthalpy referenced to 0C	= 18343 kJ/kg
Volumetric LHV @ 25C	= 18787 [kJ/scm]
Volumetric HHV @ 25C	= 20838 [kJ/scm]
(scm: m ³ @ 25 C & 1.013 bar)	
Molecular Weight	= 27,91
<input type="button" value="Aceptar"/>	

Figura No. 15. Pantalla de resultados del Software Thermoflow
Fuente: Elaborada propia

Poder Calorífico Inferior del biogás = 16465 kJ/kg
Densidad del Biogás = 1.14102 kg/m³

$$\text{Volumen del biogas} = \left(\frac{118,093 \text{ m}^3}{\text{año}} \right) \left(\frac{\text{año}}{8760 \text{ h}} \right) \left(\frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} \right) = 0.003744 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\text{Masa de biogas} = \text{Volumen} \times \text{densidad}$$

$$\text{Masa de biogas} = (0.003744 \text{ m}^3) \left(1.14102 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0.004272 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{Energía química disponible} = (\text{masa biogas})(\text{PCI})$$

Donde PCI: Poder Calorífico Inferior

$$\text{Energía química disponible} = \left(0.004272 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \left(16465 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right) = 70.3513 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

$$\text{Energía química disponible} = 70.3513 \text{ KW}_{\text{químicos}}$$

$$\text{Energía química anual disponible} = (70.3513 \text{ kW}) \left(24 \frac{\text{h}}{\text{d}}\right) \left(365 \frac{\text{d}}{\text{año}}\right) = 616,277.91 \frac{\text{KWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Energía química anual disponible} = 616.277 \frac{\text{MWh}_{\text{químicos}}}{\text{año}}$$

Que con una eficiencia en la conversión de la energía del 30.1%:

$$\text{Energía eléctrica disponible} = (70.3513 \text{ kW})(0.301) = 21.175 \text{ kW}_{\text{eléctricos}}$$

Esto es una capacidad teórica unitaria de = 21.17576 kW eléctricos

$$\text{Generación diaria bruta} = (21.175 \text{ kW}) \left(\frac{24 \text{ h}}{\text{d}}\right) = 508.218 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}$$

A continuación se presentan los resultados de los 3 métodos:

Método	Masa de Metano		Energía química MWh _{químicos} /año	Energía eléctrica kW _{eléctricos}
	kg CH ₄ /año	Gg CH ₄ /año		
1. Simplificado IPCC	39,890.4	0.0398904	554.143918	19.04078
2. Factores de emisión IPCC	24,877.69	0.02487769	345.5924	11.8748
3. Software Simulador Retscreen.	53,803.17	0.05380317	616.2779	21.17576

Tabla No. 10. Resumen de resultados energéticos por los 3 métodos.
Fuente: Elaborada propia

Se seleccionará para efectos de estudio de viabilidad del proyecto los resultados obtenidos de cantidad de metano del método 2 que resultaron los más conservadores, además por ser el método más específico, aplicando los factores de emisión calculados y tomando como base la cantidad de excretas y no la cantidad de cabezas de ganado.

3.5. Selección del equipo para convertir la energía de los residuos en energía eléctrica y térmica

Se cuenta en el mercado con varios sistemas como los vistos en el capítulo 1, del presente proyecto de investigación, de los cuales se ha elegido el motor de combustión interna ya que es muy confiable, versátil y hay modelos para gas natural y biogás:

Proveedor: FG WILSON

Modelo: UG11P1S/UG13E1S

Potencia de salida:

Gas Natural

240/120V, 60 Hz 13.0 kVA / 13.0 kW 15.0 kVA / 15.0 kW

Nº de cilindros/alineación: 4 En línea

Precio: \$9,370.00 USD, Mas IVA

Fabricante: BRIGGS AND STRATTON

Modelo: 040302-2, INT12

Capacidad a Gas Natural: 11000 W/11kW, en Espera 14500 W

Número de Cilindros: 2
 Precio: \$56,000.00 M.N.

Fabricante: HIMOINSA

Modelo: HYW-14T6 INS 220V VTA
 Potencia Continua 12 KW / 15 KVA
 Potencia en Espera 13.2 kW / 16.5 KVA
 Motor a Diesel Marca YANMAR 3 cilindros.
 PRECIO : \$11,221.00 USD Mas IVA

3.6. Cálculo de la energía térmica disponible del sistema

La energía térmica disponible en el caso de las instalaciones del presente proyecto, la cual es resultado de la combustión dentro del motor seleccionado, el cual es enfriado con un sistema de aire y agua, no hay manera de aprovecharla por el tipo de granja.

El presente cálculo se realizará como opcional en el caso de que la Granja Mesa del Seri elija la oportunidad de utilización de la energía térmica en el agua de enfriamiento, y la cual, en granjas de ciclo completo o productoras de lechones, donde se requiere un periodo de control de temperatura ambiental para la maternidad y lactancia, se cuenta con calentadores de espacio operados con gas o eléctricos.

De acuerdo a la capacidad del equipo seleccionado para la combustión de biogás tenemos los siguientes datos:

MODELO DEL GRUPO ELECTROGENO: UG11P1S/UG13E1S

Proveedor: FG WILSON

Potencia de salida:

Gas LP 240/120V, 60 Hz	Cebado 13.5 kVA / 13.5 kW	En espera 15.9 kVA / 15.9 kW
Gas Natural 240/120V, 60 Hz	13.0 kVA / 13.0 kW	15.0 kVA / 15.0 kW

Sistema de Aire

Flujo de aire de combustión:

Gas LP:

- En espera: 1.6 m³/min
- Cebado: 1.6 m³/min

Gas Natural:

- En espera: 1.5 m³/min
- Cebado: 1.3 m³/min

Flujo de aire de refrigeración del radiador: 75.6 m³/min

Sistema de refrigeración:

Capacidad: 6.1 litros

Tipo de bomba de agua: Centrífuga

Temperatura del agua de salida del motor:

- En espera: 41.1 °C

– Cebado: 38.6 °C

Sistema de Escape

Flujo de gases de escape:

– En espera: 4.89 m³/min

– Cebado: 4.36 m³/min

Temperatura de Gases de escape

– En espera: 612 °C

– Cebado: 605 °C

Calculando el calor expulsado por el aire a la atmósfera en el radiador del Motor seleccionado:

$$Q_1 = m_a C v_a (T_2 - T_1) \tag{5}$$

Donde;

Q₁= Calor rechazado por el radiador al ambiente

m_a= masa de aire que expulsa el calor a la atmósfera = 75.6 m³/min por su densidad

Cv_a= Calor específico del aire a volumen constante = 0.7171 kJ/kg-°C

T₁= Temperatura ambiente = 25 °C

T₂= Temperatura del agua de salida del motor = 38.6 °C

Densidad del aire a 25 °C = 1.177 kg/m³

Sustituyendo en (5) tenemos:

$$Q_1 = \left(75.6 \frac{m^3}{min}\right) \left(1.177 \frac{kg}{m^3}\right) \left(0.7171 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}\right) (38.6 - 25^\circ C) \left(\frac{kW/s}{kJ}\right) \left(\frac{min}{60 s}\right) = 14.46 kW$$

$$Q_1 = 14.46 kW$$

Así mismo calculando el calor disponible en los gases de escape:

$$Q_2 = m_g C v_g (T_3 - T_1) \tag{6}$$

Donde;

Q₂= Calor expulsado en los gases de combustión

m_g= masa de los gases de combustión a la atmósfera = 4.36 m³/min por su densidad

Cv_g= Calor específico³³ de los gases de combustión a volumen constante = 0.8929 kJ/kg-°C

T₁= Temperatura ambiente = 25 °C

T₃= Temperatura de los gases de combustión = 605 °C

Densidad de la mezcla de gases de combustión = 0.5895 kg/m³

³³ Villafior, G., Morales, G., Velasco, J., (s.f). "Variables Significativas del Proceso de Combustión del Gas Natural", Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), Avenida Bolivia 5150, 4400 Salta-Argentina

Sustituyendo en (6) tenemos:

$$Q_2 = \left(4.36 \frac{m^3}{min}\right) \left(0.5895 \frac{kg}{m^3}\right) \left(0.8929 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}\right) (605 - 25^\circ C) \left(\frac{kW/s}{kJ}\right) \left(\frac{min}{60 s}\right) = 22.18 kW$$

$$Q_2 = 22.18 kW$$

Con los dos cálculos anteriores tenemos la siguiente expresión:

$$Q_{dis} = Q_1 + Q_2 \quad (7)$$

Donde;

Q_{dis} = Calor disponible

Q_1 = Calor rechazado del radiador

Q_2 = Calor rechazado en los gases de combustión

Sustituyendo en (7), tenemos la Energía térmica disponible:

$$Q_{dis} = 14.46 + 22.18 = \mathbf{36.64 kW \text{ térmicos}}$$

Esta energía estará disponible para aprovecharla por el propietario, si este decide complementar la granja con el ciclo de maternidad y lactancia donde es posible instalar un sistema de calefacción con agua caliente.

3.7. Cálculo de la generación anual

Con los resultados obtenidos en las secciones anteriores se tiene que la generación anual del sistema Electrógeno es según la siguiente relación:

$$GEN \text{ anual teorica} = \left(CAP_{teo} \times 24 \frac{h}{d}\right) \left(335 \frac{d}{año}\right) \quad (8)$$

Donde;

$CAP_{teo} = 11.3975 kW$

Se consideran 2 mantenimientos semestrales de 15 días cada uno en el año

Días operando a plena carga = $365 - 30 = 335$ días

Sustituyendo en (8):

$$GEN \text{ anual teorica} = \left(11.874808 kW \times 24 \frac{h}{d}\right) \left(335 \frac{d}{año}\right) = 95,473.45 kWh$$

$$GEN \text{ anual teorica} = 95.473 MWh \text{ anuales}$$

3.8. Cálculo del Factor de Planta

Tomando como base el modelo seleccionado del grupo electrógeno de 13 kW de capacidad de generación podemos obtener el Factor de Planta esperado:

$$FP = \frac{GEN \text{ anual} \times 100}{Generacion \text{ a capacidad nominal}}$$

$$FP = \frac{GEN\ anual \times 100}{CAP\ inst \times 24 \frac{h}{d} \times 365 \frac{d}{año}} \quad (9)$$

Donde;

$CAP_{inst} = 13\ kW$

$GEN\ anual\ teórica = 95,473.45\ kWh$

Sustituyendo en (9):

$$FP = \frac{95,473.45\ kWh \times 100}{(13kW) \left(24 \frac{h}{d}\right) \left(365 \frac{d}{año}\right)} = 83.836\ %$$

3.9. Cálculo del consumo de servicios propios de la granja

La granja ha estado consumiendo en los últimos años un promedio de consumo de energía eléctrica de 11237.28 kWh, las cuales se generan de acuerdo a la siguiente tabla de usos:

Instalación	Capacidad	horas	Factor de uso	Consumo/día	Consumo/mes
2 bombas agua (1 operando)	2984 W	10	6:00-13:00 y 14:00-17:00 h	14920 Wh	447.6 kWh
Alumbrado porquerizas	5320 W	12	19:00-07:00 h	63840 Wh	1915.2 kWh
Alumbrado exterior	3200 W	11	19:30-06:30 h	35200 Wh	1056 kWh
8 Motores grano	11936 W	6	6:00-9:00, 14:00-17:00	71616 Wh	2148.48 kWh
Oficina	2100 W	24	75%	37800 Wh	1134 kWh
Habitaciones	8400 W	24	75%	151200 Wh	4536 kWh
Total instalado	33940 W			374576 Wh	11237.28 kWh

Tabla No. 11. Consumo de Energía Mensual Granja Mesa del Seri

Fuente: Elaborada propia

3.10. Energía disponible descontando el Autoabastecimiento

Con el consumo actual de energía eléctrica de la granja de 11237.28 kWh, se puede determinar la cantidad de energía disponible que la granja puede ofrecer a la Red Eléctrica de Distribución de la CFE de la siguiente relación:

$$EE_{dis} = GEN_{mens} - Servicios\ propios \quad (10)$$

Donde;

EE_{dis} = Energía Eléctrica Disponible

GEN_{mens} = Generación mensual

Servicios propios (Autoabastecimiento) = 11,237.28 kWh

$$GEN_{mens} = \frac{GEN\ anual\ teórica}{12\ mes} = \frac{95,473.45\ kWh}{12\ mes} = 7,956.12\ kWh/mes$$

Sustituyendo en (10):

$$EE_{dis} = 7956.12 - 11237.28 = -3,281.15 \text{ kWh}$$

3.11. Conclusiones

De la evaluación de los resultados obtenidos se tiene el siguiente análisis, al seleccionar el método No. 2 se han considerado los factores de emisión más conservadores, las eficiencias de generación más bajas y con los datos que se obtienen teóricamente nos da claridad de que este proyecto es **técnicamente** viable, debido a que la generación mensual obtenida es de 7,956.12 kWh, si bien no está cubriendo o rebasando las necesidades de autoabastecimiento si están representando el 70.8%, del consumo de energía eléctrica promedio del mes que tiene que adquirir la granja de la Red pública de CFE, así también es importante observar que lo que se obtenga ya en la práctica con nuevos equipos que pueden quemar el biogás directamente es posible que este porcentaje sea mayor; en términos de costos para ver su viabilidad **económica** es el análisis que le corresponderá al capítulo siguiente.

Adicionalmente el Factor de Planta obtenido, que es el cociente entre la energía real generada por la central durante un año y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período, conforme valores nominales de placa de identificación de los equipos, es un valor superior a los de varios tipos de centrales convencionales y renovables.

En el caso de los subproductos del tratamiento biológico, los lodos de la fermentación de la materia orgánica resulta una opción económicamente muy importante por ser aprovechable para su venta como fertilizante en la agricultura y como alimento para la acuicultura. Asimismo debe considerarse ampliamente que las aguas residuales de la fermentación que contienen altos nutrientes, tiene un alto potencial de aprovechamiento por su venta como agua de riego para el cultivo de los forrajes de los campos vecinos, los cuales en la actualidad son regados con agua de pozo y después tienen que ser fertilizados con agroquímicos, por lo cual se sustituirían estos últimos que además dañan la tierra ya que se requieren altas cantidades y solo parte de ellos son utilizados por la planta.

Con este proyecto todos los focos de atención para las autoridades de la protección del ambiente, son prácticamente desaparecidos por su total aprovechamiento, desde el impacto visual donde todos los residuos en su estado agresivo se mantienen bajo control y sin contacto con el ambiente hasta que son estabilizados, el aspecto malolientes por los altos contenidos de fósforo y nitrógeno se reducen dentro del digestor, y la evaporación de estas sustancias incluyendo al emisión de metano hacia la atmósfera es controlada y deja de tener impacto por su efecto invernadero, y como se indicó en el párrafo anterior los subproductos tienen un alto potencial de utilización en otras actividades.



CAPITULO 4
ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DEL
PROYECTO DE INVERSIÓN

4 Análisis económico-financiero del proyecto de inversión

Introducción

En el presente capítulo el tema de interés es el análisis del proyecto desde el punto de vista económico, partiendo desde 3 opciones para el origen de los recursos con los cuales se puede realizar la inversión: el financiamiento bancario, los apoyos de la SAGARPA y financiando el resto y finalmente con recursos propios.

Para el caso de la recuperación de la inversión se tienen 2 fuentes de efectivo para los pagos: los ahorros del pago de la factura del servicio de energía eléctrica y si es necesario con la venta de los Bonos de Carbono, por la inscripción del proyecto como Mecanismo de Desarrollo Limpio, ante la ONU.

4.1 Investigación de mercado de equipos, materiales, mano de obra y costos

Para llevar a cabo el proyecto se requieren de varias etapas desde la Ingeniería, la Adquisición de Equipos y Materiales y la Instalación y Pruebas.

En el orden adecuado de las etapas es necesario describir cada una de ellas y sus costos para llevar a cabo el integrar la inversión completa. Primeramente es necesario definir la etapa de Ingeniería, donde se diseñan los sistemas que componen la parte de la Granja que se dedicará a la Generación de Gas y Energía Eléctrica. Esta sección se compone de los siguientes sistemas:

- Sistema de Manejo de Efluentes
- Sistema de Tratamiento Biológico
- Sistema de Filtrado de Gas
- Sistema de Generación Eléctrica
- Sistema de Subestación Eléctrica
- Sistema de Manejo de Aguas Residuales

Para poder desarrollar la ingeniería necesaria para la instalación del proyecto se requieren diseñar los diagramas de flujo y posteriormente la ingeniería de detalle de cada uno de los sistemas enunciados. Los servicios para el desarrollo de este tipo de ingeniería se pueden subcontratar, sin embargo estos no exceden el 10 % del Monto del Proyecto, que es una media que se tiene en el desarrollo de las centrales eléctricas de la CFE.

La etapa de Adquisición de Materiales y Equipos se compone de un programa de mercadeo, presupuestos y colocación de órdenes de compra seguidos del proceso de entrega y en unos casos incluye instalaciones. Para el caso de este proyecto con el fin de analizar el costo de los Materiales y equipos del proyecto se desglosaron en 7 partes principales los equipos a adquirir: el Biodigestor y sus instalaciones periféricas, el Motogenerador y la Subestación eléctrica, la antorcha, el medidor de gas, el filtro de ácido, los sistemas de tuberías y los sistemas de manejo de aguas residuales.

La siguiente tabla se conformó con los costos para las 3 etapas mencionadas en el primer párrafo de este capítulo:

Concepto	Importe
Ingeniería	\$ 61,000.00
Adquisición de Equipos	
Biodigestor y sus equipos periféricos incluyendo instalación	\$ 123,528.00
Motogenerador y Subestación eléctrica	\$ 136,440.00
Antorcha para quemado de excedentes	\$ 30,000.00
Medidor de Gas	\$ 47,640.00
Filtro de Acido sulfhídrico	\$ 42,000.00
Sistema de Tuberías de procesos	\$ 30,000.00
Sistema de manejo de agua residual	\$ 50,000.00
Obra Civil, Instalación y Pruebas	\$ 125,000.00
TOTAL	\$ 645,608.00

Tabla No. 12 Costos de Mercado.

Fuente: Elaborada propia con cotizaciones de proveedores ver Anexo A.

4.2 Costos de Operación del Proyecto y de financiamiento

Partiendo de la base que el costo del combustible que son las excretas como estiércol del cerdo, tiene un costo basado los siguientes factores: el consumo de agua, energía y mano de obra, para su manejo con el fin de disponerlo de la manera actual en la granja pero con el proyecto tenemos:

Costos por día:

Cantidad de Agua para lavado: 38700 litros

Costo del agua³⁴: \$30.08/m³ = \$0.03008/l

Personal lavado de porquerizas: 3 personas

Salario diario integral: \$123.00

Capacidad bomba: 1.492 kW

Horas de lavado: 10 h

Energía para bombeo de lavado

Costo del kWh: \$0.90/kWh

Cantidad de excretas producidas y removidas por lavado: 7,573.17 kg de excretas/d

Cantidad de Metano producido = 68.15805 kg CH₄/d

$$\text{Costo del agua} = (38700 \text{ l}) \left(0.0308 \frac{\$}{\text{l}} \right) = \$1,164.41$$

% Costo del agua aplicada al manejo de las excretas = 2% = \$23.28

$$\text{Costo mano de obra} = (3 \text{ personas}) \left(120 \frac{\$}{\text{persona}} \right) = \$360$$

% Costo de Mano de Obra = 2% Costo M.O. = \$ 7.20

$$\text{Costo energía bombeo} = (1.492 \text{ kW})(10 \text{ h}) \left(0.9 \frac{\$}{\text{kWh}} \right) = \$13.42$$

³⁴ Reglamento de Tarifas de agua potable del Organismo Agua de Hermosillo, Artículo 37, Fracción V

$$\text{Costo diario manejo de excretas} = 23.28 + 7.20 + 13.42 = 47.03 \frac{\$}{d}$$

$$\text{Costo kg de metano} = \left(47.03 \frac{\$}{d}\right) \left(68.15 \frac{\text{kgCH}_4}{d}\right) = 0.69 \frac{\$}{\text{kgCH}_4}$$

$$\text{Costo anual combustible} = (\text{masa anual CH}_4) \left(0.69 \frac{\$}{\text{kgCH}_4}\right) (FP)$$

$$\text{Costo anual combustible} = \left(68.15 \frac{\text{kgCH}_4}{d}\right) \left(365 \frac{d}{\text{año}}\right) \left(0.69 \frac{\$}{\text{kgCH}_4}\right) (0.838)$$

$$\text{Costo anual combustible} = 14,390.95 \frac{\$}{\text{año}}$$

Con los resultados de la capacidad instalada, factor de planta, generación anual y considerando el dato del costo del combustible se obtiene los resultados de la operación del proyecto de acuerdo con la Tabla No. 11, donde se muestran los primeros 10 años de operación, la columna de Ahorro por la autogeneración eléctrica, nos indica el importe por la energía generada anual, para el primer año de \$86,996.26, descontando los costos por combustible calculados así como de la operación y mantenimiento, los cuales se utilizarán para el pago de la inversión. En el Anexo A se muestra la información completa de los cálculos de todas las variables por los 20 años de operación.

Año	Auto generación eléctrica kWh	Consumo eléctrico de la granja kWh	Ahorro por autogeneración eléctrica	Nuevo costo eléctrico de la granja
2012	87,209	134,847	\$ 86,996	\$ 70,775
2013	87,035	134,173	\$ 86,372	\$ 70,611
2014	86,861	133,502	\$ 85,736	\$ 70,461
2015	86,687	132,835	\$ 85,089	\$ 70,327
2016	86,514	132,171	\$ 84,430	\$ 70,210
2017	86,341	131,510	\$ 83,758	\$ 70,108
2018	86,168	130,852	\$ 83,074	\$ 70,023
2019	85,996	130,198	\$ 82,377	\$ 69,955
2020	85,824	129,547	\$ 81,666	\$ 69,904
2021	85,652	128,899	\$ 80,941	\$ 69,871

Tabla No. 13. Resultados de la Operación del proyecto.
Fuente: propia calculada con los resultados de operación

OPCION No. 1: Financiamiento del 100% del proyecto.

De acuerdo con la información obtenida en la investigación de mercados, se plantea primeramente llevar a cabo el proyecto con un financiamiento para realizar la inversión de los \$645,608.00 M.N., para esto se tomaron como base las tasas actuales del Banco de México, así como la que ofrece el Banco Banorte a Junio de 2011 para invertir en una PYME (Pequeña y Mediana Empresa), el cual es de Tasa promedio anual 16.89%:

Financiamiento 100%		
Inversión	\$	645,608.00
Capital	\$	645,608.00
Inflación anual 2010		4.40%
Inflación a mayo 2011		3.25%
TIIE cierre 2010		4.875%
TIIE mayo 2011		4.844%
Tasa interés Banorte Pymes		16.89%
Tasa mensual		1.4075%
Plazo		10 AÑOS

Tabla No. 14. Datos del Crédito PYME

Fuente: Propia con información del Banco Banorte en dirección electrónica www.banorte.com.mx

Que como opción no nos arroja resultados favorables, ya que con el solo ahorro por los \$86,996.26, no es suficiente para pagar la mensualidad del crédito por los \$645,608.00, sino hasta el año 9, razón por la cual el propietario no aceptaría la deuda, por los altos costos de los intereses, además de la inflación en los costos de los insumos, tarifas eléctricas, etc., ver la tabla No. 15, donde al final del plazo del crédito el propietario viene teniendo pérdidas por \$375,382.95, los cuales saldrán de la utilidad de la granja, de cualquier manera debe ser descartado finalmente con algún indicador financiero, más adelante se comprobará.

Año	Amortización	Interés	pagos anuales	Ahorro por operación proyecto	Resultados
1 2011					
2 2012	\$64,560.80	\$ 109,043.19	\$173,603.99	\$ 86,996.26	-\$86,607.73
3 2013	\$64,560.80	\$ 98,138.87	\$162,699.67	\$ 86,996.26	-\$75,703.41
4 2014	\$64,560.80	\$ 87,234.55	\$151,795.35	\$ 86,996.26	-\$64,799.09
5 2015	\$64,560.80	\$ 76,330.23	\$140,891.03	\$ 86,996.26	-\$53,894.77
6 2016	\$64,560.80	\$ 65,425.91	\$129,986.71	\$ 86,996.26	-\$42,990.45
7 2017	\$64,560.80	\$ 54,521.60	\$119,082.40	\$ 86,996.26	-\$32,086.14
8 2018	\$64,560.80	\$ 43,617.28	\$108,178.08	\$ 86,996.26	-\$21,181.82
9 2019	\$64,560.80	\$ 32,712.96	\$97,273.76	\$ 86,996.26	-\$10,277.50
10 2020	\$64,560.80	\$ 21,808.64	\$86,369.44	\$ 86,996.26	\$626.82
11 2021	\$64,560.80	\$ 10,904.32	\$75,465.12	\$ 86,996.26	\$11,531.14
TOTAL	\$645,608.00	\$ 599,737.55	\$1,245,345.55	\$ 869,962.60	-\$375,382.95

Tabla No. 15. Tabla de amortización del crédito PYME del 100%

Fuente: Propia calculada en base a la tasa y resultados de operación.

OPCION No. 2: Apoyo SAGARPA + financiamiento del 50% proyecto.

Como segunda opción se considerará realizar la inversión utilizando los apoyos de SAGARPA, a través de FIRCO, el Fideicomiso de Riesgo Compartido, que en su Proyecto de Bioeconomía 2010³⁵ que tiene una vigencia de 5 años, se creó con el objetivo de

³⁵ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (s.f). Consultado en diciembre de 2010, en <http://www.firco.gob.mx>

contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria, mediante el otorgamiento de apoyos que permitan inducir una nueva estructura productiva a través de la producción de biocombustibles y el uso de energías renovables, que entre sus líneas de acción se encuentran los proyectos de uso de energía renovable en actividades productivas del sector agropecuario, se ofrece lo siguiente:

1. Para el sistema de Biodigestión hasta el 50% del costo del sistema sin rebasar \$1,000,000
2. Para los motogeneradores hasta el 50% del costo sin rebasar los \$250,000
3. Para Obras accesorias hasta el 50% del costo de las obras sin rebasar \$500,000

Con lo cual una vez cumplidos los requisitos del FIRCO de SAGARPA, para los cuales este proyecto tiene alta elegibilidad, y resultar favorecido con los recursos del programa, la inversión necesaria se reduce a la mitad por parte del Propietario de la Granja por un monto de \$322,804.00 M.N., con lo cual tenemos:

Financiamiento 50%		
Inversión	\$ 645,608.00	
Inversión con apoyo	\$ 322,804.00	50% apoyo del FIRCO
Capital	\$ 322,804.00	
Inflación anual 2010		4.40%
Inflación a mayo 2011		3.25%
TIIE cierre 2010		4.875%
TIIE mayo 2011		4.844%
Tasa interés Banorte Pymes		16.89%
Tasa mensual		1.4075%
Plazo		10 AÑOS

Tabla No. 16 Datos del Crédito PYME por el 50% del valor del proyecto
Fuente: Propia con información del Banco Banorte en dirección electrónica www.banorte.com.mx

En este caso de la segunda opción el proyecto se ve atractiva desde el momento que desde el primer año los ahorros en la energía por \$86,996.26, son suficientes para cubrir los pagos de las anualidades del crédito, como se verá en 4.3.1, sin embargo se evaluará a través de los indicadores financieros para determinar su viabilidad económica.

4.3 Indicadores económicos de viabilidad

El presente estudio económico analizara los indicadores que permitirán obtener los resultados que demuestren la viabilidad del proyecto y estos son los que se emplean en la evaluación de proyectos en general.

Los métodos de evaluación serán los siguientes:

- Método del Valor Anual Equivalente VAN

- Método del Valor Presente VPN
- Relación Beneficio Costo B/C
- Método de la tasa interna de rendimiento TIR
- Periodo de Recuperación del Capital PR

4.3.1 Método del Valor Anual Equivalente

Los flujos de dinero pueden ser trasladados a cantidades equivalentes a cualquier punto en el tiempo. Sobre esta base con este método todos los ingresos y gastos que ocurren durante un periodo son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando dicha anualidad es positiva, entonces es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Con la información que se tiene del proyecto el método sugiere transformar todos los flujos que origina el mismo proyecto a base anual. Por consiguiente el valor anual neto sería la diferencia entre los ingresos anuales o sea para este caso los ahorros de la operación y la anualidad pagada al banco, para esto se obtendrán los resultados:

OPCION 1

$$A_1 = \text{Ingresos generación} - \text{pagos anuales}$$

$$A_1 = \$86,996.26 - \text{PAGO}(\text{tasa}, \text{nper}, \text{va})$$

$$A_1 = \$86,996.26 - \text{PAGO}(16.5, 10, 645608)$$

$$A_1 = \$86,996.26 - 138,029.96 = -\$51,033.70$$

Donde: $\text{PAGO}(\text{tasa}, \text{nper}, \text{va})$ = fórmula financiera PAGO de Microsoft Excel

Al resultar una anualidad equivalente con signo negativo esta opción con el financiamiento del 100% no es aceptable.

OPCION 2

$$A_2 = \$86,996.26 - \text{PAGO}(16.5, 10, 322804)$$

$$A_2 = \$86,996.26 - \$69014.98 = \$17,981.28$$

Al resultar una anualidad equivalente con signo positivo esta opción con el financiamiento por el 50% y el apoyo de SAGARPA es aceptable, sin embargo es necesario continuar con los demás indicadores.

4.3.2 Método del Valor Presente VPN

El método del valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial, cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces es recomendable que el proyecto sea aceptado, o sea cuando el VPN resulta positivo o cero, y el cual se define con la siguiente ecuación:

$$\text{VPN} = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Donde S_0 es la inversión inicial y S_t es el flujo de efectivo que resulta de la operación del proyecto en el periodo t , i es la tasa de retorno mínima atractiva y n el número de periodos.

4.3.3 Relación Beneficio Costo B/C

A diferencia del VPN, cuyos valores son en términos absolutos, este indicador financiero se expresa en términos relativos. Esta dada por el cociente que hay entre el VPN y el valor actual de la inversión. Si el cociente da un número mayor o igual a 1 el proyecto se acepta y si es menor que 1 el proyecto se rechaza, esta dado por:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN}{VA}$$

Donde VA es el valor actual de la inversión.

4.3.4 Tasa Interna de Rendimiento TIR

La tasa TIR expresa la rentabilidad anual en términos porcentuales, es decir, la TIR de un proyecto es el porcentaje de rendimiento anual sobre el monto de la inversión. La TIR no requiere de una tasa de descuento solamente requiere de una tasa denominada Tasa de recuperación mínima atractiva TREMA.

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero, por lo tanto si resulta un valor de VPN negativo el proyecto se rechaza.

Además si la TIR es mayor o igual que la TREMA el proyecto se acepta, pero se rechaza si es menor. Y a mayor relación de TIR mayor prioridad.

4.3.5 Periodo de Recuperación del Capital PR

Este indicador nos permite encontrar el periodo n en el cual, con los resultados de la operación de proyecto la inversión se recupera.

Los resultados obtenidos para los indicadores financieros de los apartados 4.3.2 a 4.3.5 y descartando la Opción 1 de los planes de pago mencionados en la sección 4.2 de esta tesis, ya que desde el análisis del Valor Anual Equivalente no es aceptable, se calcularon para la Opción 2 (donde se financia el 50% del proyecto), dando los resultados de las tablas siguientes, considerando una TREMA del 12% y a un horizonte de 20 años.

ANALISIS OPCION 2.

Moneda Corriente 2011 del esquema Económico			
Año	Resultado neto anual	TREMA	12%
		Inversión inicial	Flujo neto sin pagos F
BASE			
2011		-\$645,608.00	-\$645,608
2012	\$ 86,996		-\$558,612
2013	\$ 86,372		-\$472,240
2014	\$ 85,736		-\$386,503
2015	\$ 85,089		-\$301,414
2016	\$ 84,430		-\$216,984
2017	\$ 83,758		-\$133,226
2018	\$ 83,074		-\$50,152
2019	\$ 82,377		\$32,225
2020	\$ 81,666		\$113,891
2021	\$ 80,941		\$194,832
2022	\$ 80,202		\$275,035
2023	\$ 79,449		\$354,484
2024	\$ 78,680		\$433,164
2025	\$ 77,896		\$511,060
2026	\$ 77,096		\$588,156
2027	\$ 76,280		\$664,436
2028	\$ 75,447		\$739,883
2029	\$ 74,596		\$814,479
2030	\$ 73,727		\$888,206
2031	\$ 72,841		\$961,047

Tabla No. 17. Flujos de dinero con la Opción 2 pagando la inversión con los resultados de la generación. Fuente propia

Económica	
TREMA	12.00%
VPN en 2011	-\$26,527
AE	-\$3,551
B/C	0.96
TIR	11.32%
TIRM	11.77%
PR simple	7.61

Tabla No. 18 Indicadores Económicos del proyecto con la Opción 2 pagando la inversión con los resultados de la generación. Fuente propia

Esquema Financiero del 50%, pagos iguales					
Pagos anuales, 10 pagos iguales al			16.89%	Estado de la inversión con pagos F	Diferencias de la operación despues del pago F
Apalancamiento	50%	\$ (322,804.00)	Saldo crédito		
Intereses	Amortizacion	Pago			
				\$ (645,608.00)	
\$54,522	\$14,493	\$69,015	\$308,311	-\$627,627	\$ 17,981
\$52,074	\$16,941	\$69,015	\$291,369	-\$610,270	\$ 17,357
\$49,212	\$19,803	\$69,015	\$271,567	-\$593,548	\$ 16,721
\$45,868	\$23,147	\$69,015	\$248,419	-\$577,474	\$ 16,074
\$41,958	\$27,057	\$69,015	\$221,362	-\$562,059	\$ 15,415
\$37,388	\$31,627	\$69,015	\$189,735	-\$547,316	\$ 14,743
\$32,046	\$36,969	\$69,015	\$152,767	-\$533,257	\$ 14,059
\$25,802	\$43,213	\$69,015	\$109,554	-\$519,895	\$ 13,362
\$18,504	\$50,511	\$69,015	\$59,043	-\$507,244	\$ 12,651
\$9,972	\$59,043	\$69,015	\$0	-\$495,318	\$ 11,926
				-\$415,115	\$ 80,202
				-\$335,666	\$ 79,449
				-\$256,986	\$ 78,680
				-\$179,090	\$ 77,896
	2011			-\$101,993	\$ 77,096
				-\$25,714	\$ 76,280
				\$49,733	\$ 75,447
				\$124,329	\$ 74,596
				\$198,056	\$ 73,727
				\$270,897	\$ 72,841

Tabla No. 19. Flujo de dinero financiado del proyecto con la Opción 2, crédito del 50% pagando con los resultados de la generación. Fuente propia

Financiera	
TREMA	12.00%
VPN en 2011	-\$416,477
AE	-\$55,757
B/C	0.35
TIR	2.65%
TIRM	6.35%
PR simple	16.33

Tabla No. 20. Indicadores Financieros del proyecto con la Opción 2, crédito del 50% pagando con los resultados de la generación. Fuente propia

De los resultados del análisis económico con los indicadores obtenidos, con un VPN negativo -\$26,527, el proyecto no debe aceptarse si realizamos la inversión, así mismo el Costo-beneficio B/C quedó por debajo de la unidad 0.96, la TIR 11.32% se queda por debajo de la TREMA de 12%, y el tiempo de recuperación es largo por 7.61 años. En cuanto al análisis financiero también tenemos un VPN negativo -\$416,477, B/C de 0.35, TIR de 2.65% menor que la TREMA, y un periodo de recuperación aun mayor de 16.33 años por esta opción, lo que nos indica que no debe aceptarse el proyecto con el financiamiento del 50% del valor de la inversión.

Como los resultados económicos-financieros de la evaluación de la opción 2 para la realización del proyecto no son viables, el Mecanismo de Desarrollo Limpio ofrece ingresos adicionales al proyecto vía los bonos de carbono, ya que el proyecto puede cumplir con la adicionalidad requerida para un MDL, por la reducción de emisiones por 1807.035 tCO₂e y además no es viable económicamente, por lo que califica con la adicionalidad.

4.3.6 Ingresos y costos del proyecto como MDL

De acuerdo con los estudios de las Naciones Unidas para proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, se ha obtenido que bajo un sistema de manejo de las excretas por medio de Biodigestión y la quema directa del metano generado, el cual se conoce tiene una equivalencia a 21 veces más dañino en su efecto invernadero que el bióxido de carbono, la reducción de las emisiones son del orden³⁶ de 0.906 toneladas CO₂ equivalentes anuales por cerdo con este tipo de proyectos.

Con lo anterior tenemos que podemos calcular la cantidad de emisiones equivalentes de CO₂ anuales y con ello inscribir el proyecto como Mecanismo de Desarrollo Limpio, ya que como compromiso ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y del Protocolo de Kyoto, México cuenta con la Autoridad Nacional Designada que es el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI)³⁷, Comité intersecretarial, presidido por SEMARNAT, creado el 23 de enero de 2004 y cuya función es la de otorgar cartas de aprobación a proyectos, como requisito indispensable para que puedan ser considerados para su registro como proyectos MDL susceptibles de generar Reducciones Certificadas de Emisiones de gases de Efecto Invernadero (CERs por sus siglas en inglés) que equivalen a una tonelada de CO₂ equivalentes (tCO₂e) y hace constar que el proyecto contribuye al desarrollo sustentable del país y que las partes participantes lo hacen de manera voluntaria, también de esta manera puede colaborar con los países si obligados a reducir emisiones vendiéndoles estos certificados, más conocidos como bonos de carbono por las emisiones reducidas en México.

Para que el proyecto pueda tener acceso a dichos bonos de carbono, debe cumplir con el concepto de adicionalidad, el cual requiere la demostración de que con la implementación del proyecto la reducción de las emisiones es mayor a la que se produce sin implementarlo con la granja operando en condiciones originales, que se le conoce como Línea base, y es contra la cual debe compararse y determinarse que el MDL propuesto con el proyecto, no está incluido en dicha línea base de emisiones sino que es adicional y con él se generarían menores emisiones.

Además es necesario llevar a cabo un análisis de barreras y mostrar que el análisis económico es poco viable, y así demostrar que el proyecto necesita los ingresos por bonos de carbono para elevar el nivel de viabilidad económica, y con ello hacerlo más atractivo para el propietario o los posibles inversionistas.

Así se calcula la cantidad de tCO₂e que se obtienen con el proyecto:

³⁶ UNFCCC MDL de las Naciones Unidas, (2005). *Proyecto de Mitigación MX05-B-07, Sonora, México*

³⁷ <http://www.semarnat.gob.mx/TEMAS/CAMBIOCLIMATICO/Paginas/cicc.aspx>, Instituto Nacional de Ecología / http://cambio_climatico.ine.gob.mx/preguntasfrecuentes/protocolodekiotoymdosdebonos.html#4

$$tCO_2e = (\text{Cantidad cerdos}) \left(\frac{0.906 tCO_2 e}{\text{año.cerdo}} \right) \quad (11)$$

1 tCO₂ e = 1 tonelada de CO₂ e no emitida
 Cantidad de Cerdos = PPA = 1,994.52 cerdos

Sustituyendo en (11), tenemos:

$$tCO_2e = (1994.52 \text{ cerdos}) \left(\frac{0.906 tCO_2 e}{\text{año.cerdo}} \right) = 1,807.035 tCO_2e$$

El precio de los bonos de carbono ha tenido variaciones desde el 2005 que fueron sus inicios de aplicación, sin embargo a últimas fechas se tiene:

AÑO	Precio		
	Euros	Dólares USA	Pesos M.N.
2009	8-10	11.04-13.80	148.57-185.71
2010	5-7	6.90-9.66	92.85-130.00
2011	Aun muy variable	Aun muy variable	Aun muy variable
Proyección 2012	7-7.5	9.66-10.35	130.00-139.28
Proyección antes de 2013	8-10	11.04-13.80	148.57-185.71

Tabla No. 21. Precios de los bonos de Carbono últimos años.

Fuente ^{38 39}

Con lo anterior es posible asignar un promedio del precio esperado para el 2012 en \$134.64 pesos, y con este se calcular los ingresos obtenidos por la venta de los bonos de carbono que seria de la siguiente forma:

$$\text{Ingresos por venta Bonos de C} = \left(\frac{tCO_2e}{\text{año}} \right) (\text{Precio } tCO_2e) \quad (12)$$

Sustituyendo en (12):

$$\text{Ingresos por venta Bonos de C} = \left(\frac{1,807.035}{\text{año}} \right) (\$134.64 \text{ M.N.})$$

$$\text{Ingresos por venta Bonos de C} = \$243,299.19 \frac{\text{pesos}}{\text{año}}$$

Por lo tanto con estos ingresos se procederá a plantear la Opción 3 para los pagos de la inversión.

ANALISIS OPCION 3.

³⁸ State and Trends of the Carbon Market 2011, del Banco Mundial / <http://www-wds.worldbank.org>

³⁹ Banco de México, (2011), *Tipo de Cambio del Banco de México del 03 de Octubre de 2011*, consultado el 03 de Octubre de 2011 de <http://www.banxico.org.mx>

En este caso se tiene el apoyo de SAGARPA por el 50% + financiamiento del 50% pero con pagos del producto de venta de los bonos de carbono.

Para este caso se utilizarán los fondos obtenidos por la venta de los bonos de carbono que fueron analizados en la sección 4.3.6, los resultados de la operación del proyecto cambian positivamente, ya que la inversión se recupera de inmediato al primer año de operación del proyecto por lo cual es suficiente con un crédito por 2 años para no desembolsar recursos propios en la implementación del proyecto, pagar con los resultados en ese periodo y posteriormente sigue dejando beneficios jugosos para el propietario, en el término de los 10 años comparando con las primeras 2 opciones, asimismo debe ser evaluado bajo los indicadores financieros, para demostrar si viabilidad económica y financiera.

Método de la Anualidad equivalente de la OPCION 3

$$A_3 = \text{Ingresos generacion} + \text{Ingresos bonos C} - \text{pagos anuales}$$

$$A_3 = \$86,996.26 + \$243,299.19 - \text{pago} (16.5, 2, 322,804)$$

$$A_3 = \$86,996.26 + \$243,299.19 - \$203,354.64 = \$126,940.81$$

Al resultar una anualidad equivalente con signo positivo esta opción con el financiamiento por el 50%, el apoyo de SAGARPA y los ingresos por la venta de los bonos de carbono es aceptable.

Los resultados de los demás indicadores para esta Opción 3, se muestran en las siguientes tablas:

Moneda Corriente 2011 del esquema Económico			
AÑO	Resultado neto anual	TREMA	12%
		Inversión inicial	Flujo neto
BASE			
2011		-\$645,608.00	-\$645,608
2012	\$ 330,295		-\$315,313
2013	\$ 329,671		\$14,359
2014	\$ 329,036		\$343,394
2015	\$ 328,388		\$671,783
2016	\$ 327,729		\$999,512
2017	\$ 327,058		\$1,326,569
2018	\$ 326,373		\$1,652,943
2019	\$ 325,676		\$1,978,619
2020	\$ 324,965		\$2,303,584
2021	\$ 324,240		\$2,627,824
2022	\$ 323,502		\$2,951,326
2023	\$ 322,748		\$3,274,074
2024	\$ 321,980		\$3,596,053
2025	\$ 321,195		\$3,917,249
2026	\$ 320,395		\$4,237,644
2027	\$ 319,579		\$4,557,223
2028	\$ 318,746		\$4,875,969
2029	\$ 317,895		\$5,193,864
2030	\$ 317,027		\$5,510,891
2031	\$ 316,140		\$5,827,030

Tabla No. 22. Flujos de dinero de la opción 3, pagando la inversión con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono. Fuente propia

Económica	
Trema	12.00%
VPN en 2011	\$1,790,783
AE	\$239,748
B/C	3.77
TIR	50.95%
TIRM	19.69%
PR simple	1.96

Tabla No. 23 Indicadores Económicos del proyecto con la opción 3, pagando la inversión con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono. Fuente propia

De los resultados del análisis económico de esta opción 3, al contar con los beneficios del Mecanismo MDL y la oportunidad de entrar al mercado de la venta de los Bonos de Carbono, se obtienen indicadores muy buenos, un VPN positivo por \$1'790,783 con lo que el proyecto se acepta, asimismo el Costo-beneficio B/C es bueno debido a que es mayor a uno 3.77, la TIR de 50.95% resulta muy por encima de la TREMA y el tiempo de recuperación es muy corto solo 1.96 años.

Esquema Financiero, del 50%, plazo 2 años pagos con resultados de la generación + bonos carbono					
Pagos anuales, 2 pagos iguales al			16.89%	Estado de la inversión con pagos F	Diferencias de la operación despues del pago F
Apalancamiento	50%	\$ (322,804.00)	Saldo Crédito		
Intereses	Amortizacion	Pago			
				\$ (645,608.00)	
\$54,522	\$148,833	\$203,355	\$173,971	-\$518,667	\$ 126,941
\$29,384	\$173,971	\$203,355	\$0	-\$392,351	\$ 126,317
\$0	\$0		\$0	-\$63,315	\$ 329,036
\$0	\$0		\$0	\$265,073	\$ 328,388
\$0	\$0		\$0	\$592,803	\$ 327,729
\$0	\$0		\$0	\$919,860	\$ 327,058
\$0	\$0		\$0	\$1,246,233	\$ 326,373
\$0	\$0		\$0	\$1,571,909	\$ 325,676
\$0	\$0		\$0	\$1,896,874	\$ 324,965
\$0	\$0		\$0	\$2,221,115	\$ 324,240
\$83,905				\$2,544,616	\$ 323,502
				\$2,867,365	\$ 322,748
				\$3,189,344	\$ 321,980
				\$3,510,540	\$ 321,195
	2011			\$3,830,935	\$ 320,395
				\$4,150,514	\$ 319,579
				\$4,469,260	\$ 318,746
				\$4,787,155	\$ 317,895
				\$5,104,181	\$ 317,027
				\$5,420,321	\$ 316,140

Tabla No. 24. Flujo de dinero financiado del proyecto con la opción 3, Crédito del 50%, plazo de 2 años, pagando con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono
Fuente propia

Financiera	
TREMA	12.00%
VPN en 2011	1,447,103
AE	\$193,736
B/C	3.24
TIR	36.25%
TIRM	18.78%
PR simple	3.19

Tabla No. 25. Indicadores Financieros del Crédito del 50%, plazo de 2 años, pagando con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono
Fuente propia

El análisis financiero de esta opción 3 también obtiene indicadores muy buenos, un VPN positivo por \$1'447,103 con lo que el proyecto se acepta, asimismo el Beneficio Costo B/C es mayor a uno 3.24, la TIR de 36.25% está por encima de la TREMA, y el tiempo de recuperación es corto de 3.19 años y solo fue suficiente un plazo de 2 años para pagar el crédito ahorrando intereses. Por los resultados anteriores el proyecto debe de aceptarse, sin embargo faltará el Análisis de Sensibilidad que se incluye en la sección 4.3.7 de esta tesis, para confirmarlo.

4.3.7 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad es un término financiero, muy utilizado en el mundo de los negocios a la hora de tomar decisiones de inversión, que consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el VPN (en un proyecto, en un negocio, etc.), al cambiar una variable a la cual puede ser sensible este proyecto o provocar cambios en la operación y resultados, entre estos puede ser: aumento a la inversión inicial, disminución en los ingresos, aumentos a las tasas de interés, los costos, etc. De este modo teniendo los nuevos flujos de caja y el nuevo VPN se puede calcular y/o mejorar las estimaciones sobre el proyecto que va a comenzar, en el caso de que esas variables cambiasen o existiesen errores iniciales de apreciación, por parte del análisis de los datos obtenidos inicialmente de esta tesis.

Para hacer el análisis de sensibilidad se tiene que comparar el VPN antiguo con el VPN nuevo y arrojará un valor que al multiplicarlo por cien se obtiene el porcentaje de cambio. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\% \text{ Cambio VPN} = \frac{VPN_n - VPN_e}{VPN_e}$$

Donde VPN_n es el nuevo VPN obtenido y VPN_e es el VPN que se tenía antes de realizar el cambio en la variable.

Por lo cual eligiendo la Opción 3 de los planes de inversión y pagos se llevó a cabo el Análisis de Sensibilidad arrojando los siguientes resultados.

La tabla No. 26 muestra el los resultados de la Sensibilidad de la evaluación Económica, variando pesimistamente que incrementen los consumos eléctricos desde la red eléctrica de CFE, en un 30% se tiene disminución de la generación del proyecto, por lo que

habrían variaciones a los indicadores como se muestra en la tabla No. 26 y obteniendo un nuevo VPN 6.55% menor al original y en otro escenario donde se incrementa en un 30% la inversión inicial del proyecto tendremos una disminución en el VPN del 10.82%.

Sensibilidad de la Evaluación Económica			
Indicador	Caso Base Opción 3	Compra de energía a la red	Inversión inicial
		+30%	+30%
Trema	12.00%	12.00%	12.00%
VPN en 2011	\$1,790,783	\$1,673,556	\$1,597,101
AE	\$239,748	\$224,054	\$213,818
B/C	3.77	3.59	2.90
TIR	50.95%	48.40%	39.10%
TIRM	19.69%	19.40%	18.13%
PR simple	1.96	2.06	2.54
% Cambio VPNn		-6.55%	-10.82%

Tabla No. 26. Nuevos Indicadores Económicos
Fuente propia

En el caso del análisis de la Sensibilidad de la evaluación Financiera, se realizaron variaciones a la Tasa de Interés del crédito con un aumento del 50% y en el monto del crédito aumentándolo 25%, que también hacen sensible al proyecto.

Los resultados que se esperarían en los indicadores financieros con motivo de estos cambios en el ambiente del mercado financiero, se muestran en la tabla No. 27, obteniendo una reducción del VPN 2.53% menor al original para el primer cambio y si se padece solo el segundo cambio se tendría una disminución en el VPN del 5.94% del original.

Sensibilidad de la Evaluación Financiera			
Indicador	Caso Base Opción 3	Tasa del credito	Apalancamiento del credito
		+50%	+25%
Trema	12.00%	12.00%	12.00%
VPN en 2011	\$1,447,103	\$1,410,458	\$1,361,183
AE	\$193,736	\$188,830	\$182,234
B/C	3.24	3.18	3.11
TIR	36.2%	35.0%	33.4%
TIRM	18.8%	18.7%	18.5%
PR simple	3.19	3.32	3.50
% Cambio VPNn		-2.53%	-5.94%

Tabla No. 27. Nuevos Indicadores Financieros
Fuente propia

4.4 Conclusiones

De los resultados obtenidos para los indicadores financieros de la Opción 1 no es aceptable ya que desde el análisis del Valor Anual Equivalente arroja valor negativo, por lo tanto se tomó en cuenta la segunda opción donde se financia el 50% del proyecto y considerando una TREMA del 12% y a un horizonte de 20 años.

Con todas las variables económicas nos indican que la opción 2 no es aceptable, posiblemente porque se tiene una tasa de interés muy alta, los indicadores obtenidos de un VPN negativo, así mismo el Beneficio Costo B/C quedó por debajo de la unidad, la TIR se queda por debajo de la TREMA, y el tiempo de recuperación es de mediano a largo plazo con 7.61 años. En cuanto al análisis financiero también tenemos un VPN negativo, B/C menor de 1, TIR de menor que la TREMA, y un periodo de recuperación aun mayor de 16.30 años por esta opción, lo que nos indica que no debe aceptarse el proyecto aun financiando al 50% del valor por esta Opción 2.

Sin embargo se propuso la Opción 3, con 50% de financiamiento pero con ingresos de la venta de los bonos de carbono. De los resultados del análisis económico de esta opción 3, al contar con los beneficios del Mecanismo de Desarrollo Limpio, se obtienen indicadores muy aceptables, un VPN positivo por \$1'790,783 con lo que el proyecto se acepta, asimismo el Beneficio Costo B/C es muy aceptable debido a que es mayor a uno 3.77, la TIR de 50.95% resulta muy por encima de la TREMA y el tiempo de recuperación es muy corto solo 1.96 años, con esto se puede convencer el propietario. El análisis financiero de esta opción 3 también obtiene indicadores muy buenos, un VPN positivo por \$1'447,103 con lo que el proyecto se acepta, asimismo el Beneficio Costo B/C es mayor a uno 3.24, la TIR de 36.25% está por encima de la TREMA, y el tiempo de recuperación es corto de 3.19 años y solo fue suficiente un plazo de 2 años para pagar el crédito ahorrando intereses.

Además con los resultados del Análisis de Sensibilidad se puede confirmar la aceptación del proyecto ya que aun teniendo diferentes escenarios por la variabilidad de algunos factores, los indicadores quedan dentro de los rangos de aceptación positivos en el Valor Presente Neto, la relación Beneficio Costo en ningún caso se acerca a uno y los periodos de recuperación no aumentan significativamente.



Conclusiones

En la presente Tesis fue posible evaluar el proyecto de aprovechamiento de los residuos orgánicos de la granja Porcícola "Mesa del Seri", del Municipio de Hermosillo, Estado de Sonora, identificando una potencialidad de los residuos que producen un volumen aprovechable teórico de 156.5 m³/día de biogás, que corresponden a 24.8 toneladas de metano anuales, con lo cual fue posible seleccionar un equipo de generación de una potencia instalada de 13kW, teniendo la posibilidad de utilización para producir energía eléctrica con una generación mensual promedio de 7,956 kWh, es posible tener un autoabastecimiento eléctrico de un 70% de las necesidades actuales, teniendo ahorros mensuales de cerca de \$87,000 pesos anuales, estos resultados de la operación pueden sustentar una parte de los costos de la granja.

Por otra parte se llevaron a cabo los análisis Económico, Financiero y de Sensibilidad que nos identifican como el proyecto puede ser viable escogiendo la mejor opción de un total 3, para llevar a cabo el proyecto, tomando en cuenta las posibles fuentes para la obtención de los recursos para la inversión y para los pagos que harán posible la recuperación de la misma. Estos estudios arrojaron que aunque de inicio una de las opciones aparenta cubrir los compromisos del financiamiento por tener una mensualidad menor a los ahorros de la factura eléctrica, cuando es analizada bajo los indicadores estándar para la evaluación de proyectos de inversión se revela que no es viable, por lo tanto fue necesario llegar a plantear que el proyecto se inscriba en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, ya que tiene altas posibilidades de ser agraciado con la certificación de los bonos de carbono, por la reducción de emisiones de metano que actualmente se presentan en la granja sin el proyecto. Con esto el proyecto cuenta con ingresos adicionales y hace que se obtenga la viabilidad del proyecto, con los indicadores tanto económicos como financieros dentro de los parámetros necesarios con una AE de \$193,736, un VPN de \$1,447,103, una relación Beneficio Costo de 3.24 y un período de recuperación de 3.19 años, así se convierte en atractivo para el propietario y/o inversionistas.

Adicionalmente a estos resultados, la granja puede obtener más beneficios en el ámbito fiscal ya que el realizar este tipo de equipamiento se clasifica dentro de los siguientes estímulos e incentivos que se plantearon al principio esta tesis:

- Puede realizar la depreciación acelerada del 100% de los activos fijos para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables, incentivo fiscal establecido en el Artículo 40 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta.
- Deducir el 100 por ciento del monto de las inversiones en equipo para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

Y en el caso del incentivo por Arancel cero, contemplado en la Tarifa del Impuesto General de Importación y Exportación (TIGIE), a equipos que prevengan la contaminación y para la investigación y desarrollo tecnológico, este se puede aplicar solo en el caso de que el equipo provenga del extranjero y que resulte con precios más atractivos a los que se obtienen en los proveedores nacionales, que fueron los que cotizaron y sirvieron para el presupuesto del proyecto y que se encuentran en el Anexo A.

También fue planteado que una de las fuentes de obtención de los recursos de inversión de este proyecto, es obtener del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de SAGARPA, los apoyos a proyectos para pequeños productores de agronegocios que incorporan energías renovables. Pero además es importante señalar que aún y cuando se utilizó un financiamiento con una tasa muy alta, el proyecto salió favorable tanto económica como financieramente, y hasta en un posible escenario de incremento en la tasa de interés bancaria en un 50%, el análisis de sensibilidad nos reveló resultados aún muy positivos. Pero si realizamos los estudios con créditos más adecuados, ya sean por el gobierno federal u organismos o

fideicomisos estatales (entre otros de Banobras, NAFINSA, FIDE, etc.), seguramente las tasas serían más atractivas y con ello los beneficios del proyecto serían aún mayores.

En el caso de los subproductos que resultan de este proyecto forman una opción económicamente muy importante por ser aprovechables, en el caso de los sólidos, para su venta como fertilizante en la agricultura y como alimento para la acuicultura y en el caso de los efluentes líquidos, como agua de riego para el cultivo de forrajes que incluso pueden utilizarse para la producción del alimento de la granja.

Con este proyecto todos los focos de atención de las autoridades de la protección del ambiente, son prácticamente desaparecidos por su proceso de aprovechamiento, desde el impacto visual donde todos los residuos en su estado agresivo se mantienen cubiertos bajo control y sin contacto con el ambiente hasta que son estabilizados, el aspecto maloliente de las excretas y líquidos por los altos contenidos de fósforo y nitrógeno se reducen ya que se contienen dentro del digestor, y la evaporación de estas sustancias incluyendo la emisión de metano hacia la atmósfera es controlada y deja de tener impacto por su efecto invernadero, y finalmente como se indicó en el párrafo anterior los subproductos tienen un alto potencial de utilización en otras actividades.

Recomendaciones

Con las consideraciones anteriores llevan a situar a este tipo de proyectos, con un valor muy importante para su implantación a nivel nacional ya que se acompaña con grandes beneficios y aunado al alto crecimiento de las exportaciones de México en materia de carne de puerco hacia mercados muy importantes como son Japón, Estados Unidos y Corea del Sur, que en los últimos años ha alcanzado las 66,400 toneladas en 2008, significando más de un 20% en un solo trienio, por esfuerzos de los productores mexicanos y la apertura lograda por las autoridades.

Lo anterior redundante en que a mayores necesidades de producción de alimentos a nivel global y el abastecimiento desde todas las regiones, en particular México tiene un alto potencial de aprovechamiento de biomasa por esta fuente renovable con derrama económica y mejorando significativamente los impactos locales, regionales y globales al medio ambiente.

Es recomendable para trabajos futuros la búsqueda de mejoras tecnológicas al sistema de tratamiento de residuos para analizar otras opciones de filtrado, secado y procesamiento del estiércol por otros métodos, esto debido a su alto contenido de energía en forma química base carbono. Pues con un análisis económico-financiero además del tecnológico, el proyecto pueda seguir teniendo resultados positivos y ser también viable para el propietario o inversionistas interesados.



ANEXO A. Resultados de Operación de la Granja con el proyecto.

n	Año	Auto generación eléctrica kWh	Factor de planta de autogeneración eléctrica	Costo de combustible	Costo de O&M Eléctrico	Consumo eléctrico de la granja kWh	Factor de déficit eléctrico	Faltante eléctrico comparado a la red	Ahorro por autogeneración eléctrica	Costo eléctrico actual de la granja	Nuevo costo eléctrico de la granja	Nuevo costo energético total de la granja
1	2012	87,209	0.838	\$ 14,390.96	\$ 648	134,847	0.353	47,638.12	\$ 86,996.26	\$ 157,771	\$ 70,775	\$ 85,814
2	2013	87,035	0.837	\$ 14,793.04	\$ 666	134,173	0.351	47,138.30	\$ 86,372	\$ 156,983	\$ 70,611	\$ 86,069
3	2014	86,861	0.835	\$ 15,206.36	\$ 684	133,502	0.349	46,641.51	\$ 85,736	\$ 156,198	\$ 70,461	\$ 86,352
4	2015	86,687	0.833	\$ 15,631.22	\$ 703	132,835	0.347	46,147.72	\$ 85,089	\$ 155,417	\$ 70,327	\$ 86,662
5	2016	86,514	0.832	\$ 16,067.96	\$ 723	132,171	0.345	45,656.92	\$ 84,430	\$ 154,640	\$ 70,210	\$ 87,001
6	2017	86,341	0.830	\$ 16,516.90	\$ 743	131,510	0.343	45,169.09	\$ 83,758	\$ 153,866	\$ 70,108	\$ 87,368
7	2018	86,168	0.828	\$ 16,978.38	\$ 764	130,852	0.341	44,684.23	\$ 83,074	\$ 153,097	\$ 70,023	\$ 87,765
8	2019	85,996	0.827	\$ 17,452.76	\$ 785	130,198	0.340	44,202.30	\$ 82,377	\$ 152,332	\$ 69,955	\$ 88,193
9	2020	85,824	0.825	\$ 17,940.39	\$ 807	129,547	0.338	43,723.30	\$ 81,666	\$ 151,570	\$ 69,904	\$ 88,652
10	2021	85,652	0.823	\$ 18,441.64	\$ 830	128,899	0.336	43,247.21	\$ 80,941	\$ 150,812	\$ 69,871	\$ 89,142
11	2022	85,481	0.822	\$ 18,956.90	\$ 853	128,255	0.334	42,774.02	\$ 80,202	\$ 150,058	\$ 69,856	\$ 89,666
12	2023	85,310	0.820	\$ 19,486.56	\$ 877	127,613	0.331	42,303.71	\$ 79,449	\$ 149,308	\$ 69,859	\$ 90,222
13	2024	85,139	0.818	\$ 20,031.01	\$ 901	126,975	0.329	41,836.26	\$ 78,680	\$ 148,561	\$ 69,881	\$ 90,813
14	2025	84,969	0.817	\$ 20,590.68	\$ 927	126,340	0.327	41,371.66	\$ 77,896	\$ 147,818	\$ 69,922	\$ 91,439
15	2026	84,799	0.815	\$ 21,165.98	\$ 952	125,709	0.325	40,909.90	\$ 77,096	\$ 147,079	\$ 69,983	\$ 92,101
16	2027	84,629	0.814	\$ 21,757.36	\$ 979	125,080	0.323	40,450.95	\$ 76,280	\$ 146,344	\$ 70,064	\$ 92,800
17	2028	84,460	0.812	\$ 22,365.26	\$ 1,006	124,455	0.321	39,994.81	\$ 75,447	\$ 145,612	\$ 70,166	\$ 93,537
18	2029	84,291	0.810	\$ 22,990.15	\$ 1,035	123,833	0.319	39,541.46	\$ 74,596	\$ 144,884	\$ 70,288	\$ 94,313
19	2030	84,123	0.809	\$ 23,632.49	\$ 1,063	123,213	0.317	39,090.88	\$ 73,727	\$ 144,160	\$ 70,432	\$ 95,128
20	2031	83,954	0.807	\$ 24,292.78	\$ 1,093	122,597	0.315	38,643.05	\$ 72,841	\$ 143,439	\$ 70,598	\$ 95,984

ANEXO B. Fichas Técnicas de los Motogeneradores.



www.FGWilson.com

UG11P1S/UG13E1S



Valores de potencia de salida

Generating Set Model	UG11P1S/UG13E1S	
	Cebado	En espera
LPG		
220 – 240V, 50 Hz	11,0 kVA / 11,0 kW	13,0 kVA / 13,0 kW
240/120V, 60 Hz	13,5 kVA / 13,5 kW	15,9 kVA / 15,9 kW
Gaz Nat		
220 – 240V, 50 Hz	10,0 kVA / 10,0 kW	11,8 kVA / 11,8 kW
240/120V, 60 Hz	13,0 kVA / 13,0 kW	15,0 kVA / 15,0 kW

Rendimiento en 1.0 pf

Definiciones

Potencia de emergencia

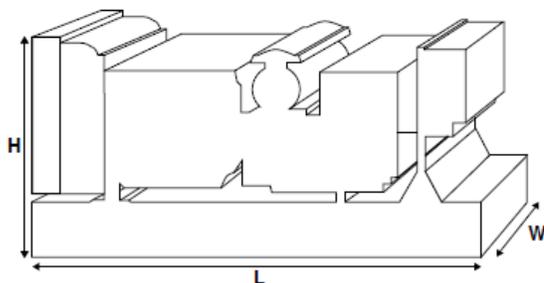
Estos valores nominales son adecuados para el suministro de energía eléctrica continua (a carga variable) en el supuesto de que se produzca un fallo de alimentación de los dispositivos. Estos valores no admiten sobrecarga. El alternador de este modelo está en régimen de carga máxima continua (según define la norma ISO8528 - 3)

Potencia continua

Estos valores nominales son adecuados para el suministro de energía eléctrica continua (a carga variable) como sustituto de la adquisición comercial de electricidad. Sin límite de horas anuales de funcionamiento, este modelo puede suministrar una potencia de sobrecarga del 10% una hora de cada doce.

Condiciones de referenciae estándares

Valores conformes con la norma ISO 8528. Todos los datos de rendimiento del motor están basados en los valores continuos máximos anteriores. Los datos de consumo de combustible asumen una combustión completa del LPG con un poder calorífico de 95MJ/m³ y del gas natural con un poder calorífico de 34.4MJ/m³.



Datos de potencia y rendimiento

Marca y modelo de motor	HM 1,8L	
Alternador fabricado para FG Wilson por:	Leroy Somer	
Modelo de alternador:	LUB1014NX	
Cuadro de control:	PowerWizard 1,0	
Tipo de bancada:	Mécánosoudé en acier	
Tipo/valor de interruptor:	3 Pole MCB	
Frecuencia:	50 Hz	60 Hz
Velocidad del motor: RPM	1500	1800
Consumo de combustible		
LPG: m ³ /hr (ft ³ /hr)	- Cebado: 1,8 (63,6)	2,2 (77,7)
	- Standby: 2,2 (77,7)	2,6 (91,8)
Gaz Nat: m ³ /hr (ft ³ /hr)	- Cebado: 4,3 (151,9)	5,5 (194,2)
	- Standby: 5,1 (180,1)	6,4 (226,0)

Opciones disponibles

En FG Wilson ofrecemos una serie de funciones opcionales para adaptar nuestros grupos electrógenos con el objetivo de satisfacer sus necesidades energéticas. Las opciones incluyen:

- Mejora para la certificación CE
- Amplia gama de carenas insonorizadas
- Un surtido de controles de grupos electrógenos y paneles de sincronización
- Alarmas y paradas adicionales
- Una selección de niveles de ruido del silencioso de escape

Si desea más información sobre todos los elementos estándares u opcionales que acompañan a este producto, contacte con su distribuidor local o visite: www.FGWilson.com

Dimensiones y Pesos

Largo (L) mm (in)	Ancho (W) mm (in)	Alto (H) mm (in)	Neto kg (lb)	Con líquidos kg (lb)
1350 (53,1)	715 (28,1)	1004 (39,5)	393 (866)	405 (893)

Neto = (+ aceite lubricante) Con líquidos = Con aceite lubricante, y refrigerante

Valores conformes con las normas ISO 8528, ISO 3046, IEC 60034, BS5000 y NEMA MG-1/22. El grupo electrógeno de la ilustración puede contener accesorios opcionales.

FG Wilson tiene instalaciones de fabricación en las siguientes ubicaciones:

Irlanda del Norte • Brasil • China • India • EE.UU.

Con sus oficinas principales en Irlanda del Norte, FG Wilson opera a través de una red de distribuidores globales.

Para comunicarse con la oficina de ventas locales, por favor visite el sitio web de FG Wilson en www.FGWilson.com

Datos técnicos del motor	
Nº de cilindros/alineación:	4 En línea
Ciclo:	4-tiempo
Diámetro/Carrera: mm (pulg.)	84,0 (3,3) / 82,0 (3,2)
Aspiración:	Natural
Sistema de enfriamiento:	Agua
Tipo de regulador:	Electrónico
Clase de regulador:	ISO 8528 G2
Relación de compresión:	8,5:1
Cilindrada: litros (pulg. cúbicas):	1,8 (111,1)
Sistema eléctrico del motor:	
– Tensión/Tierra	12/Negativa
– Amperios del cargador de baterías	45
Peso (incluye petróleo de lubricante): kg (lb)	143 (315)

Rendimiento	50 Hz	60 Hz
Velocidad del motor: rpm	1500	1800
Potencia bruta del motor:		
kW (hp)		
– En espera:	15,7 (21)	19,5 (26)
– Cebado:	13,4 (18)	16,6 (22)
BMEP: kPa (psi)		
– En espera:	691 (100,2)	715 (103,7)
– Cebado:	590 (85,5)	609 (88,3)

Sistema de combustible				
Tipo de filtro de combustible:	Elemento Recambiable			
Combustible recomendado:	LPG/Gaz Nat			
Consumption de carburant LPG: m ³ /hr (cfh)				
	110%	100%	75%	50%
Cebado	de carga	de carga	de carga	de carga
50 Hz	2,2 (77,7)	1,8 (63,6)	1,4 (49,4)	1,0 (35,3)
60 Hz	2,6 (91,8)	2,2 (77,7)	1,7 (60,0)	1,2 (42,4)
En espera				
50 Hz	-	2,2 (77,7)	1,6 (56,5)	1,1 (38,8)
60 Hz	-	2,6 (91,8)	2,0 (70,6)	1,3 (45,9)
Consumption de carburant Gaz Nat: m ³ /hr (cfh)				
	110%	100%	75%	50%
Cebado	de carga	de carga	de carga	de carga
50 Hz	5,1 (180,1)	4,3 (151,9)	3,3 (116,5)	2,2 (77,7)
60 Hz	6,4 (226,0)	5,5 (194,2)	4,1 (144,8)	2,9 (102,4)
En espera				
50 Hz	-	5,1 (180,1)	3,8 (134,2)	2,6 (91,8)
60 Hz	-	6,4 (226,0)	4,8 (169,5)	3,3 (116,5)

Sistema de aire	50 Hz	60 Hz
Flujo de aire de combustión LPG:		
m ³ /min (cfm)		
– En espera:	1,3 (46)	1,6 (57)
– Cebado:	1,1 (39)	1,6 (57)
Flujo de aire de combustión Gaz Nat:		
m ³ /min (cfm)		
– En espera:	1,1 (39)	1,5 (53)
– Cebado:	1,0 (35)	1,3 (46)
Restricción a entrada máxima		
de aire de combustión: kPa (in H ₂ O)	1,5 (6)	1,5 (6)
Flujo de aire de refrigeración del radiador: m ³ /min (cfm)	63 (2225)	75,6 (2670)
Restricción externa a flujo de aire de refrigeración: Pa (in Wg)	247 (0,99)	247 (0,99)

Sistema de refrigeración	50 Hz	60 Hz
Capacidad del sistema de refrigeración: l (galones estadounidenses)	6,1 (1,6)	6,1 (1,6)
Tipo de bomba de agua:	Centrífuga	
Calor rechazado a agua y aceite lubricante Lube Oil: kW (Btu/min)		
– En espera:	13,9 (792)	17,1 (970)
– Cebado:	11,9 (674)	14,5 (826)
Radiación de calor a habitación: kW (Btu/min)		
– En espera:	7,4 (418)	9,0 (512)
– Cebado:	6,3 (355)	7,7 (436)
Carga del ventilador del radiador: kW (hp)	0,52 (0,7)	0,90 (1,21)

Sistema de lubricado	
Sistema de lubricación:	Hacer girar-En, Flujo completo
Capacidad total de aceite: l (US gal)	4,5 (1,2)
Cárter inferior: l (US gal)	4,0 (1,1)
Tipo de aceite:	API CF4 15W-40
Método de refrigeración:	Agua

Sistema de escape	50 Hz	60 Hz
Contrapresión máxima permitida: kPa (in Hg)	17,3 (5,1)	17,3 (5,1)
Flujo de gases de escape:		
LPG: m ³ /min (cfm)		
– En espera:	3,87 (137)	4,83 (171)
– Cebado:	3,23 (114)	4,00 (141)
Gaz Nat: m ³ /min (cfm)		
– En espera:	3,57 (126)	4,89 (173)
– Cebado:	2,90 (102)	4,36 (154)
Temperatura de Gases de escape		
LPG: °C (°F):		
– En espera:	568 (1054)	600 (1112)
– Cebado:	552 (1026)	584 (1083)
Gaz Nat °C (°F):		
– En espera:	580 (1076)	612 (1134)
– Cebado:	557 (1035)	605 (1121)

Home > Home Generator Systems > 15kW

15KW
HOME GENERATOR
SYSTEMS



SYSTEMS



[+] VIEW LARGER IMAGE

ADD TO MY EQUIPMENT

- Overview
- Specifications
- Options
- Where to Buy
- Transfer Switches

Model Number: 040303-1

Premium, whole house comfort and control.

Series Features

Features	Benefits
Briggs & Stratton V-Twin Commercial Engine	Application-engineered to stringent commercial specifications, these premium Briggs & Stratton engines will provide years of long-lasting, reliable standby power.

	15kW
Running Watts (LP)*	15000
Running Watts (NG)*	14000
Surge Watts (LP)	18500
Surge Watts (NG)	17000
Engine Brand	Briggs & Stratton
Engine Series	Vanguard
CC	895
Number of Cylinders	2
Operation	Fully Automatic
Voltage (V)	120/240
Alternator Type	Brush
Fuel Consumption (Cubic Feet per Hour @ 1/2 Load)	Liquid Propane 1.56 gal/hr; Natural Gas 126 cubic ft/hr**
Weekly Exerciser	Yes
Sound Attenuation	Sound Shield™ Technology
Battery Charger	Yes
Overcrank Protection	Yes
Hour Meter	Yes
Diagnostic Alerts with Remote System Status	Low Oil Shutdown, Fail to Start, Low Frequency, Engine Overspeed, Low Voltage, Low Battery Voltage, Oil Temp High, Transfer Switch Fault
Length (in)	48.7
Width (in)	33.75
Height (in)	31.6
Weight (lbs)	562
Warranty (Product)	4 Year Limited
BTU's/Hour @ 1/2 load	Natural Gas 126,000

*NG = Natural Gas, LP = Liquid Propane. **Fuel consumption rates are estimated based on normal operating conditions at 1/2 load. Generator operation may be greatly affected by elevation and the cycling operation of multiple electrical appliances - fuel flow rates may vary depending on these factors.



HYW
YANMAR

HYW-14 T6

Accionado por:

3TNV 88 GGE

13,2 kW a 60 Hz

TIER II - EPA 40 CFR (Part 89) 

Datos y Prestaciones del Grupo		60 Hz	
SERVICIO		Potencia Continua	Potencia Emergencia
Potencia nominal	kVA	15,0	16,5
Potencia activa *	kW	12,0	13,2
Régimen de funcionamiento	r.p.m.	1.800	
Tensión estándar	V	480	
Tensiones disponibles	V	480 / 277 - 440 / 254 - 220 / 127 - 208 / 120	

Condiciones ambientales de referencia: se refieren a la norma ISO 8528 : +25°C, 100 m. sobre NM 30 % de humedad relativa. Durante el periodo de rodaje la potencia aumenta un 5% aprox. Lo que debe tenerse en cuenta en el momento de la entrega.

* Considerando $\cos \phi = 0,8$

Datos y Prestaciones Motor Principal		1.800 r.p.m.	
		Potencia Continua	Potencia Emergencia
Potencia nominal	kW (CV)	14,8 (20,1)	16,3 (22,1)
Fabricante		YANMAR	
Modelo		3TNV 88 GGE	
Diesel 4 tiempos - Tipo inyección		Directa	
Tipo de aspiración		NATURAL	
Cilindros, número y disposición		3 - L	
Diámetro x Carrera	mm	88 x 90	
Cilindrada total	L	1,642	
Sistema de refrigeración		Líquido refrigerante	
Especificaciones del aceite de motor		API (CF, CF-4, CI-4); ACEA (E-3, E-4, E-5)	
Consumo específico de combustible	Lts./h	4,64	
Consumo de aceite a plena carga	%	0,14	
Ratio de compresión		19,1	
Cantidad de aceite máxima	L	6,7	
Cantidad de aceite mínima	L	3,9	
Regulador	Tipo	mecánico	
Filtro de Aire	Tipo	seco	

Prime Power (P.R.P.) - Es la potencia máxima disponible para un ciclo de potencia variable que puede ocurrir por un número ilimitado de horas. La potencia media consumible durante un periodo de 24h no debe rebasar del 80% del P.R.P. declarado entre los intervalos de mantenimiento prescritos y las condiciones medioambientales normales. 10 % de sobrecarga es permitido 1 hora cada 12 de funcionamiento.

Stand by Power - Es la potencia máxima disponible por un periodo de 500 horas por año, con un factor de carga inferior al 90% de la potencia en stand by declarada. No se admite sobrecarga para este tipo de uso.

Datos Generador Sincrono *		
Polos	Nº	4
Tipos de conexión (estándar)		estrella - serie
Tipo de acoplamiento		SAE 4 - 7 ^{1/2} "
Aislamiento	Clase	H
Grado de protección mecánica (según normas IEC-34-5)		IP 23
Fases		3 + N
Excitador		A.V.R. (electrónico)
Precisión de tensión regimen estabilizado		± 1,5% entre vacío y plena carga con $\cos \phi = 0,8$

*Los generadores utilizados en los grupos HIMOINSA de estándar cumplen las normas: IEC 34-1; CEI 2-3; ; VDE 0530; BS 4999-5000:NF 51-100,11





TIER II - EPA 40 CFR (Part 89)

HYW-14 T6 • 13,2 KW a 60 Hz



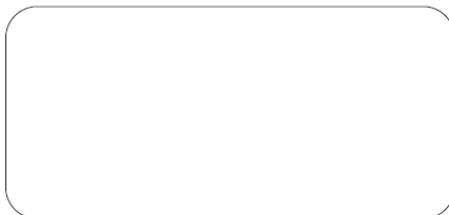
Datos de Instalacion del Grupo		1.800 r.p.m.
SISTEMA DE ESCAPE		
Máx temperatura del gas de escape a plena carga	° C	590
	° F	1094
Caudal de gas de escape	Kg/h	114,16
Calor evacuado por el escape	Kcal/Kwh	301,36
Máxima contrapresión aceptable	mm / H2O	284,42
CANTIDAD DE AIRE NECESARIA		
Aire necesario para la combustión al 100% de carga/régimen nominal	m³/h	135,68
	ft³/h	112,69
SISTEMA DE PUESTA EN MARCHA		
Potencia de arranque	kW	1,2
	CV	1,63
Capacidad mínima de la batería recomendada	Ah	66
Tensión auxiliar	Vcc.	12
CAPACIDAD DE LOS CIRCUITOS		
Capacidad total aceite comprendidos tubos, filtros, etc.	L	7,7
CAPACIDAD DEL DEPOSITO DE COMBUSTIBLE		
Grupo Estático Estandar	L	60
Grupo Insonorizado	L	23

Datos para el transporte del Grupo		
DIMENSIONES Y PESO ESTÁTICO ESTÁNDAR		
LARGO	m - ft	1,45 - 4,75
ANCHO	m - ft	0,62 - 2,03
ALTO	m - ft	1,28 - 4,22
Volumen de embalaje máximo	m³ - ft³	1,15 - 40,69
Peso en seco (con accesorios estandar)	kg - lb	362 - 796 *

DIMENSIONES Y PESO ESTÁTICO INSONORIZADO		
LARGO	m - ft	1,47 - 4,83
ANCHO	m - ft	0,75 - 2,46
ALTO	m - ft	1,11 - 3,64
Volumen de embalaje máximo	m - ft	1,22 - 43,25
Peso en seco (con accesorios estandar)	kg - lb	512 - 1.126,4 *

* Pesos aproximados

Distribuidor local



Fábrica: Ctra. Murcia - San Javier, Km. 23,6
 30730 SAN JAVIER (Murcia) España
 Tel.+34 968 19 11 28 / +34 902 19 11 28
 Fax +34 968 19 12 17 Export Fax +34968 19 04 20
 info@himoina.com www.himoina.com



ANEXO C. Cotizaciones.

ENERGIA EN RENTA
GRUPO AMADOR NAVA

ABRIL 2011

Por medio de la presente damos a ustedes la siguiente cotizacion para el suministro de un grupo electrogeno de la marca **FG Wilson** que consiste en lo siguiente:

1 – DESCRIPCIÓN

Cantidad	Descripción
01	Generador de energia eléctrica con motor a diesel de 3 cilindros con inyección directa, enfriado por agua en version cerrada, acoplado a un generador electrico con las siguientes características:



- 1.1. Marca: **FG WILSON**
- 1.2. Modelo: **P13.5E2**
- 1.3. Capacidad: **16.2 kVA (13 kW @ .8 FP) @ 60 Hz a 1800 rpm.**
- 1.4. Generador: **FG WILSON MOD. LL1014H**
- 1.5. Motor: **PERKINS 403C-15G 3 CIL. ASPIRACION NATURAL.**



Emilio Cardenas No. 67 Col. Centro, Tlalnepantla Edo. de Mexico C.P. 54000
Tel. 5565 2379 con 10 lineas www.energiaenrenta.com



ENERGIA EN RENTA

GRUPO AMADOR NAVA

SERVICIOS ADICIONALES INCLUIDOS EN EL PRECIO

- Una visita de revisión de la instalación eléctrica en caso de que sea realizada por el cliente (en el área metropolitana s/costo)
- Manuales de operación y servicio del equipo
- Servicio de puesta en marcha cuando el equipo se encuentre debidamente instalado (en el área metr. s/costo)
- Capacitación o entrenamiento del personal que quede a cargo del equipo
- Los gastos de transportación y viáticos del personal indicado (cuando los servicios sean fuera del área metropolitana y D.F.) serán por cuenta del cliente.

CONTRATO DE SERVICIO

- Ofrecemos servicio de mantenimiento preventivo a su planta de luz con frecuencia de visitas en función de las necesidades del cliente, ejemplo: trimestral, bimestral o mensual. El costo es muy accesible y las ventajas son notables.

3 – CONDICIONES COMERCIALES

Valor unitario del equipo acústico: \$ 9,370.00 USD

Transferencia automática de 100 amp. FG Wilson: \$ 2,000.00 USD

- Carta pedido ú orden de compra
- Forma de pago: Contado contra aviso de entrega a pie de camión en nuestro almacén ubicado en Tlalnepantla Edo. de México.
- Tiempo de entrega: **Inmediata**
- Garantía de un año ó 1000 hrs. de uso contra defectos de fabricación siempre y cuando los servicios de mantenimiento sean realizador por Cias. del Grupo Amador Nava
- Precios en dólares americanos al tipo de cambio vigente al momento de la operación más IVA
- No incluye fletes, maniobras, instalación ni obra civil se cotizan por separado.
- Los precios están sujetos a cambios debido a la inestabilidad internacional

Sin más por el momento y en espera de poder servirles, quedamos de ustedes sus Attos y Ss.

Atentamente

Ing. Leobardo Nava Sandoval
 Director Comercial



ENERGIA EN RENTA

GRUPO AMADOR NAVA

MAYO 2011

Por medio de la presente damos a ustedes la siguiente cotización para el suministro de un grupo electrógeno de la marca **Briggs & Stratton** que consiste en lo siguiente:

1 – DESCRIPCIÓN

Cantidad	Descripción
01	Generador de energía eléctrica a GAS LP con motor de 4 tiempos con 2 cilindros a gas Lp., enfriado por aire acoplado a un generador eléctrico con las siguientes características:



- 1.1. Marca: **BRIGGS & STRATTON**
- 1.2. Modelo: **40234**
- 1.3. Capacidad: **15kw @ 1.0 FP @ 60 Hz a 3600 rpm.**
- 1.4. Generador: **MECC ALTE BIFASICO 127/240 VOLTS 30AMP.**
- 1.5. Motor: **BRIGGS STRATTON 28 HP VANGUARD V-TWIN**



ENERGIA EN RENTA
GRUPO AMADOR NAVA

2 – ESPECIFICACIONES

Dimensiones:	Largo	121 cm.
	Ancho	83 cm.
	Alto	76 cm.
	Peso del equipo:	180 Kg.

Equipado con lo siguiente:

- Caseta acústica para intemperie 65 db @ 7mts
- Arranque manual y Automático.
- Batería 12 volts
- Cargador de baterías
- Juego de manuales de operación y mantenimiento.
- Soportes de neopreno entre máquina y base.
- Regulador de voltaje electrónico que proporciona una variación de +/- 1.5%.
- Protecciones de motor por alta y baja frecuencia

3 – CONDICIONES COMERCIALES

Valor unitario del equipo 15 KW: \$ 56,000.00 MN

Transferencia automática de 100 amp: \$10, 250.00 MN

- Carta pedido u orden de compra
- Forma de pago: Contado contra aviso de entrega LAB. en Tlalnepantla Edo de México.
- Tiempo de entrega: **Inmediata**
- Garantía de un año de uso contra defectos de fabricación siempre se apeguen a la garantía del fabricante del motor y serán en el centro de servicio Briggs & Stratton de México
- Precios en Moneda Nacional más IVA
- Vigencia de la oferta: 30 días
- Toda devolución causara un 20% por gastos administrativos

Sin más por el momento y en espera de poder servirles, quedamos de ustedes sus Attos y Ss.
Atentamente

Leobardo Nava Sandoval
Dirección Comercial



Emilio Cardenas No. 67 Col. Centro, Tlalnepantla Edo. de Mexico C.P. 54000

enta.com

This page was created using Nitro PDF SDK trial software.



C.P. 50040
 Toluca Estado de México
 Teléfono oficina: 01(722) 490 5693
 Radios Nextel: 92*14*7978
 y 62*13*49997

contacto@geototal.com.mx

SR. JUAN CORDOVA
 COMPRAS
 ROSA BLANCA NO. 8
 HERMOSILLO SONORA
 C.P. 83288
 TEL. 01 622 855 9408

Referencias
COTIZACIÓN
 12:39:13 p.m.
 martes, 27 de septiembre de 2011
 FMH
 T.C. 0.00 MN/USD
 Cliente

jucacom@yahoo.com

SR. JUAN CORDOVA
 Con gusto en saludarle, presentamos cotización para **SUMINISTRO DE GEOSINTETICOS**, esperando resulte de interés a su proyecto en **HERMOSILLO SONORA**

MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. (\$/U)	IMPORTE	MONEDA	
4	GEOMEMBRANA HDPE	Geomembrana HDPE 1.5 mm negra lisa en ambas caras.	1,154.00	m2	4.23	4,881.42	DOLARES
		7 x 164.50 = 1154 m2					
		1 rollo					
		MATERIAL EN EXISTENCIA SALVO VENTA					
		FLETE POR COBRAR					
					SUBTOTAL	4,881.42	DOLARES
					IVA	781.03	
					TOTAL	5,662.45	
					T.C.		
					TOTAL		

Condiciones comerciales de los materiales:

- + Precios más I.V.A., son en **Dólares Americanos**
- + Los precios son por las cantidades aquí señaladas, cualquier variación, se deberá recotizar.
- + Forma de pago:
 Material: **100% anticipo**
 Mano de Obra:
- + Depósito a nombre de: **Adriana Placido Rios, Banorte, Suc. 1321 Cta. 0641 7566 01 CLABE 0721 8000 6417 5660 18**
- + La paridad del PESO vs. DOLAR, EURO será tomada acorde al tipo de cambio (venta) que marque nuestro Banco BANORTE al día en que se sitúen los fondos en nuestra cuenta. (www.banorte.com.mx)
- + Favor de enviarnos por Fax ó email su orden de compra debidamente autorizada, copia de RFC y comprobante de pago.

Condiciones de entrega de materiales:

- + Unicamente suministraremos: **rollos completos**
- + Tiempo de entrega: **5 días hábiles después de confirmado su depósito en firme**
- + Lugar de entrega:
- +
- +

Esta cotización tiene una vigencia de **2 semanas** y está sujeta a cambio sin previo aviso.
GEOTOTAL, No asume la responsabilidad de los materiales que no sean pagados en tiempo y forma.

A la espera de poder participar en su proyecto, quedo a sus ordenes para cualquier duda o comentario.

Cordialmente

Lic. Francisco J. Medina Hernández
 Suministro de Geosintéticos



REFERENCIAS, ÍNDICES DE TABLAS Y DE FIGURAS Y LISTA DE ACRÓNIMOS

REFERENCIAS.

1. Coss Bu, R. (2007), *"Análisis y evaluación de proyectos de inversión"*. Ed. Limusa México, 2a. ed 2007.
2. INEGI. *"El sector energético en México, Edición 1998"*. Ed. INEGI. México, 1999. 3. Instituto Nacional de Ecología. (s.f.). *Gaceta 163, La Política fiscal en México y los nuevos instrumentos de política ambiental*. Recuperado el Julio de 2011, de www2.ine.gob.mx.
- 3., Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. (2006). *Capítulo 10 de Emisiones del manejo de ganado y estiércol*. Intergovernmental Panel for Climate Change of UNEP.
4. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, consultado en Enero de 2011, de <http://www.conae.gob.mx>
5. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, consultado en Enero de 2011, de <http://www.idae.es>
6. Asociación Geotérmica Mexicana, recuperado en Diciembre 2010, de <http://Geotermia.org.mx>
7. Secretaria de Energía (2009), *Balances Nacionales de Energía 2008, 2009*.
8. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2009), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, *Población Ganadera Bovinos (Carne y Leche) 1999-2008*.
9. Muñoz, M.(2010). *Modelo económico mundial y la conservación del Medio Ambiente*. Edición Electrónica. Editorial Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, México
10. General Electric (2009). Consultado en Diciembre de 2010, de <http://www.ge.com>
11. Secretaría de Energía (2008). *Poise 2007-2016. Poise 2008-2017. Poise 2009-2018. Poise 2010-2024. Participación de Tecnologías en la capacidad total*, Fig. 3.12
12. Comisión Reguladora de Energía (2008). *Informes Anuales 2007,2008,2009*.
13. El Exportador (2010).*Renovando piezas*. Recuperado en Noviembre de 2010, de www.el-exportador.es
14. United States Department of Agriculture (2010). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade April 2010*
15. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (s.f). Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, consultado en Diciembre de 2010, en <http://www.aserca.gob.mx>
16. Werner, U., Stöhr, U., Hees, N. (1989). *Biogas Plants in Animal Husbandry*. *Deutshce Zentrum Für Entwicklungstechnologien*. Consultado en Octubre de 2010. Recuperado de: www.undp.kz
17. Flotats, X., Campos, E., Bonmatí, A, (s.f). *Biogás y Aprovechamiento de la Biomasa*
18. Portal de descontaminación Industrial y Recursos Energéticos, (s.f.). Consultado en Octubre de 2010, de: <http://www.induambiente.com>
19. Agroindustria de la Caña de Azúcar (s.f.). Consultado en enero de 2011 de www.undp.org.cu
20. Aringhoff, R., Brakmann G. (s.f.). *European Solar Thermal Power Industry Association*. Consultado en Diciembre de 2010 de <http://www.fichtnersolar.com>
21. PaterVis Corporation, (s.f.). Consultado en Noviembre de 2010, de <http://www.patervis.com>

22. The Bioenergy International (2011). Consultado en Abril de 2011, Editorial Graficas Marte, de: <http://issuu.com>, y www.bioenergyinternational.es
23. Mazo-Nix, Sandra, (2010). *Opciones de Proyectos de Energía a partir e Biogás*. 17 de agosto de 2010, recuperado en diciembre de 2011 de <http://www.globalmethane.org>
24. Coordinación General de Ganadería (2009). "*Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2009*", SAGARPA.
25. Alarcón, G., Camacho, J., Gallegos, J.,(s.f). "*Producción de Cerdos*", Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
26. Mariscal Landín, G., (2007). *Tratamientos de excretas de Cerdos*. Capitulo 7, Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas/. CENID Fisiología, INIFAP)
27. Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca
28. Sistema Meteorológico Nacional,(s.f). Consultado en enero de 2011, de la dirección electrónica <http://smn.cna.gob.mx>, Comisión Nacional del Agua.
29. Ciudad, J.,(2003). *Tratamientos de deyecciones porcinas*, Publicado en PORCI 2003, nº 79
30. Depósito de Documentos de la FAO,(1986). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados* Departamento de Pesca
31. Werner, U., Stöhr, U., Hees, N. (s.f.). *Biogas Plants in Animal Husbandry. Deutsche Zentrum Für Entwicklungstechnologien* (en línea). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Consultado en 30 de Julio de 2006. Disponible en: www.undp.kz
32. García, J., Amell, A., Burbano, H.,(2006). *Análisis comparativo de las propiedades de combustión de las mezclas metano-hidrógeno con respecto al metano*. INGENIERÍA & DESARROLLO, Número 20, Julio-Diciembre, 2006, ISSN: 0122-3461
33. Villaflor, G., Morales, G., Velasco. J., (s.f). "*Variables Significativas del Proceso de Combustión del Gas Natural*", Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), Avenida Bolivia 5150, 4400 Salta-Argentina
34. Reglamento de Tarifas de agua potable del Organismo Agua de Hermosillo, Artículo 37, Fracción V
35. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (s.f). Consultado en diciembre de 2010, en <http://www.firco.gob.mx>
36. UNFCCC MDL de las Naciones Unidas, (2005). *Proyecto de Mitigación MX05-B-07, Sonora, México*
37. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (s.f.), página de internet <http://www.semarnat.gob.mx>,
38. Instituto Nacional de Ecología (s.f.), página de internet http://cambio_climatico.ine.gob.mx
39. State and Trends of the Carbon Market 2011, del Banco Mundial / <http://www-wds.worldbank.org>
40. Tipo de Cambio del Banco de México del 03OCT2011 / <http://www.banxico.org.mx>
41. Chassard, J., (2009)(2010)(2011). Finanzas de Carbón para un Desarrollo Sustentable. Reportes Anuales 2009, 2010 y 2011. Banco Mundial

Índice de Tablas.

Tabla No. 1. Composición del biogás	p18
Tabla No. 2. Disponibilidad aproximada de biogás en diferentes residuos	P22
Tabla No. 3. Consumo de agua por edades	p30
Tabla No. 4. Espacio requerido por edades	p30
Tabla No. 5. Cantidad de excretas por edades	p31
Tabla No. 6. Consumo de los equipos instalados en la granja Mesa del Seri	p34
Tabla No. 7. Tipos de Tratamientos del estiércol	p38
Tabla No. 8 Composición de las excretas	p44
Tabla No. 9. Resumen de resultados de producción de metano por los 3 métodos	p48
Tabla No. 10. Resumen de resultados energéticos por los 3 métodos	p53
Tabla No. 11. Consumo de Energía Mensual Granja Mesa del Seri	p57
Tabla No. 12. Costos de Mercado	p61
Tabla No. 13. Resultados de la Operación del proyecto	p62
Tabla No. 14. Datos del Crédito PYME	p63
Tabla No. 15. Tabla de amortización del crédito PYME del 100%	p63
Tabla No. 16. Datos del Crédito PYME por el 50% del valor del proyecto	p64
Tabla No. 17. Flujos de dinero con la Opción 2 pagando la inversión con los resultados de la generación	p67
Tabla No. 18 Indicadores Económicos del proyecto con la Opción 2 pagando la inversión con los resultados de la generación	p67
Tabla No. 19. Flujo de dinero financiado del proyecto con la Opción 2, crédito del 50% pagando con los resultados de la generación	p68
Tabla No. 20. Indicadores Financieros del proyecto con la Opción 2, crédito del 50% pagando con los resultados de la generación	p68
Tabla No. 21. Precios de los bonos de Carbono últimos años	p70
Tabla No. 22. Flujos de dinero de la opción 3, pagando la inversión con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono	p71
Tabla No. 23 Indicadores Económicos del proyecto con la opción 3, pagando la inversión con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono	p72
Tabla No. 24 Flujo de dinero financiado del proyecto con la opción 3, Crédito del 50%, plazo de 2 años, pagando con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono	p72
Tabla No. 25. Indicadores Financieros del Crédito del 50%, plazo de 2 años, pagando con los resultados de la generación más los ingresos por la venta de los Bonos de Carbono	p73
Tabla No. 26. Nuevos Indicadores Económicos	p74
Tabla No. 27. Nuevos Indicadores Financieros	p74

Índice de Figuras.

Figura 1. Fases de fermentación anaerobia, y poblaciones bacterianas	p19
Figura 2. Imagen panorámica de motores de generación eléctrica, Relleno Loma Los Colorados, Chile	P20
Figura 3. Esquema del sistema de tratamiento de residuos	p23
Figura 4. Instalaciones de BMW en Carolina del Sur, E.E.U.U.	p24
Figura 5. Motor de Combustión interna	p25
Figura 6. Microturbinas Capstone (rango desde 15 kW a 200 kW)	p25
Figura 7. Partes internas de una Microturbina Capstone	p26
Figura No. 8. Principales entidades productoras de carne de porcino en 2008	p28
Figura No. 9. Imagen aérea de la Granja "Mesa del Seri"	p29
Figura 10. Reacción de la Fermentación Anaeróbica	p39
Figura No. 11. Cadena alimenticia del silo (proceso de ensilado)	p41
Figura No. 12. Varios tipos de silos de composta	p42
Figura No. 13. Principales caminos bioquímicos durante la fermentación de desechos orgánicos	p45
Figura No. 14. Pantalla de resultados del Software Retscreen	p47
Figura No. 15. Pantalla de resultados del Software Thermoflow	p52

Lista de Acrónimos

$3\text{CH}_3\text{COOH}$: Acido acético

B/C: Relación Costo Beneficio

BANOBAS: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos

B_0 = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado

BTU: British Thermal Units (Unidades térmicas británicas)

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$: Glucosa

CAP_{inst} : Capacidad instalada

CENID: Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias del INIFAP

CER: Certified Emissions Reduced

CFE: Comisión Federal de electricidad

CH_4 : Metano

CHP: Combined Heat and Power (Calor y Potencia Combinados)

CO: Monóxido de carbono

CO_2 : Dióxido de carbono

COMEGEI: Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONUEE: Comisión Nacional de Ahorro de Energía

CRE: Comisión Reguladora de Energía

Cv_a : Calor específico del aire a volumen constante

Cv_q : Calor específico de los gases de combustión a volumen constante

DQO: Demanda química de oxígeno

EE_{dis} : Energía Eléctrica Disponible

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FE: Factor de emisión de metano para la población definida

FE_c = Factor de Emisión específico de Metano en el ganado

FIRCO: Fideicomiso de Riesgo Compartido

FP: Factor de planta

GEI: Gas de Efecto Invernadero

GEN: Generación

Gg: Giga gramos

GW: Gigawatts

H_2 : Hidrógeno

H_2S : Ácido sulfhídrico

IEA: Agencia Internacional de Energía

IIE: Instituto de Investigaciones Eléctricas

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de SAGARPA

IPCC: Intergovernmental Panel for Climate Change of UNEP (Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas)

kVA: kilo Volts-Amperes

kW: kilowatts

kWh: kilowatts-hora

m_a : masa de aire que expulsa el calor a la atmósfera

MCF = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión y por región climática

MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio

m_g : masa de los gases de combustión a la atmósfera

MS = Fracción de las excretas que se manejan usando el sistema de gestión proyectado

MW: Megawatts

N: Cantidad de cabezas de la población de cerdos

N_2 : Nitrógeno

NAFinsa: Nacional Financiera

NAPA: Cantidad de animales producidos anualmente

NOx: Óxidos de Nitrógeno

NREL: National Renewable Energy Laboratory (Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos)

O_2 : Oxígeno

OES: Sistemas Oceánicos de Energía

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PH: Potencial de hidrógeno

PJ: Peta Joules

PMGD: Pequeño Medio de Generación Distribuido de Chile

PPA: Población promedio anual

PR: Periodo de Recuperación del Capital

PYME: Pequeña y Mediana Empresa

Q_1 : Calor rechazado por el radiador al ambiente

Q_2 : Calor expulsado en los gases de combustión

Q_{dis} : Calor disponible

RCE: Reducciones Certificadas de Emisiones

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SIAP: Servicio de información agroalimentaria y pesquera de SAGARPA

SIC: Sistema Interconectado Central de Chile

SV: Sólidos volátiles

T_1 : Temperatura ambiente

T_2 : Temperatura del agua de salida del motor

T_3 : Temperatura de los gases de combustión

tCO₂e: Toneladas de Dióxido de carbono equivalentes

TIGIE: Tarifa del Impuesto General de Importación y Exportación

TIGIE: Tarifa del Impuesto General de Importación y Exportación

TIR: Tasa interna de rendimiento

TREMA: Tasa de retorno mínima atractiva

TWh: Terawatts-hora

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

UNEP: United Nations for Environment Program (Programa del Ambiente las Naciones Unidas)

USDA: United States Department of Agriculture (Departamento de Alimentación y Agricultura de los Estados Unidos)

VAN: Valor Anual Equivalente

VPN: Método del Valor Presente

W: Watts