

BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA.

FACULTAD DE ARQUITECTURA



Rentabilidad de la Generación de Energía producida con Biogás.

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA ARQUITECTURA

Presenta:

Arq. Daniel Pérez Ramírez

No. CVU CONACYT: 618713

Directora:

Mtra. María Del Rayo Vázquez Torres

No. CVU CONACYT: 508248

Asesores:

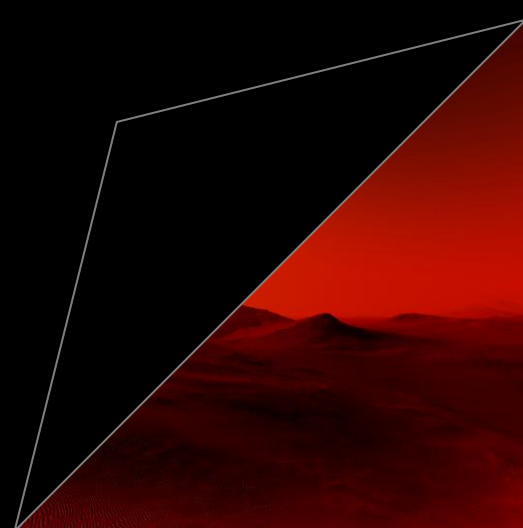
Mtro. Javier Martínez Hernández

No. CVU CONACYT: 644119

Dr. Jaime Ríos Calleja

Mtro. José Alejandro Morales Ortega

OCTUBRE 2018



Índice

Abstract	08
Capítulo 1 Contexto Teórico	
Introducción	09
1.1 Planteamiento del Problema	13
1.2 Justificación	14
1.3 Estudios de Caso.	17
1.4 Objetivos	21
1.5 Hipótesis	21
1.5 Ubicación	21
Capítulo 2 Marco Conceptual	
2.1 Introducción	23
2.2 Que es Energía?	24
2.3 Energías Renovables.	25
2.4 La Biomasa como energético	26
2.5 Biogás	29
2.5.1. ¿Qué es Biogás?	29
2.5.2 Historia del Biogás	30
2.5.3 El Biogás en México	32
2.5.4 ¿Porque el Biogás?	35
2.5.5. Métodos de Obtención del Biogás	37
2.6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.....	42
2.7 Ciclo de Vida de la Producción de Biogás.....	47
Conclusiones parciales capítulo 2.....	50
Capítulo 3 Leyes Aplicables a la Generación de Energía	
3.1 Introducción	51



Índice

3.2 La constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	53
3.3 Ley de la Industria Eléctrica	55
3.4 El Plan Nacional de Desarrollo	58
3.5 Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética. (LAERFTE)	59
3.6 Leyes y Políticas Públicas relacionadas con la LAERFTE	62
3.7 Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)	64
3.8 Generación Distribuida	67
3.9 Apoyos Gubernamentales	72
Conclusiones parciales capítulo 3	76
Capítulo 4 Rentabilidad	
4.1 Introducción	77
4.2 Inventario de la Instalación	79
4.3 Recibo de Energía Eléctrica	80
4.4 Sistema de Generación de Energía	81
4.5 Elección del Bio-digestor	83
4.6 Infraestructura del Sitio	92
4.7 Evaluación económica	97
4.8 Estudio de Rentabilidad	104
Conclusiones parciales capítulo 4	114
5.- Conclusiones Finales	115
Bibliografía	118
Anexos	119



Índice de Tablas

Tabla 01 Tarifas CFE-----	11
TABLA 02. Capacidad de Generación de Energía a través de fuentes renovables en México. 2013 (Megawatts) -----	16
TABLA 03. Encuesta a Usuarios de Servicio CFE -----	16
TABLA 04. Consumo Biogás-----	18
Tabla 05: Producción de Energía por tipo de Combustible-----	26
TABLA 06. Valor Calorífico de Combustibles-----	32
TABLA 07. Capacidad Instalada de Generadores con Biogás -----	33
TABLA 08. Censo de Granjas Chipilo de Francisco Javier Mina -----	34
TABLA 09. Obtención de Residuos por Tipo de Ganado -----	37
TABLA 10. Obtención de Residuos por Tipo de Ganado -----	38
TABLA 11. Producción de biogás por tipo de residuo animal.-----	41
TABLA 12. Producción de biogás a partir de residuos vegetales -----	41
TABLA 13. Mezcla Purines - Agua. -----	41
TABLA 14. Consumo para generación eléctrica (Tg de CO ₂) -----	42
Tabla 15. Consumo para generación eléctrica (Gg de CO) -----	43
Tabla 16. Consumo para generación eléctrica (Gg de CH ₄) -----	43
Tabla 17. Consumo para generación eléctrica (Gg de Nox) -----	43
Tabla 18. Consumo para generación eléctrica (Gg de N ₂ O) -----	43
Tabla 19. Consumo para generación eléctrica (Gg de NMVOC) -----	43
Tabla 20. Consumo para generación eléctrica (Gg de SO ₂) -----	44
Tabla 21. Características generales del Biogás. -----	44
Tabla 22. Potencial de Calentamiento Global GEI -----	45
Tabla 23. Capacidad efectiva (MW) con Hidrocarburos -----	45



Índice de Tablas

Tabla 24. Capacidad efectiva (MW) con Fuentes Alternas -----	46
Tabla 25. Correlación entre Energía Generada y Emisiones GEI -----	46
Tabla 26. Existencia de Ganado Bovino Según Rango de Edad -----	66
Tabla 27. Existencia de Ganado Porcino según Rango de Edad -----	66
Tabla 28. Montos máximos de Apoyo Federal -----	73
Tabla 29. Acumulado de KWh -----	92
Tabla 30. Escenario de Inversión 1 -----	101
Tabla 31. Escenario de Inversión 2 -----	101
Tabla 32. Gastos Fijos y Variables de la Inversión -----	102
Tabla 33. Detalle de Facturación -----	106
Tabla 34. Cálculo de la TIR -----	108
Tabla 35. Análisis de Valor Actual Neto -----	112
Tabla 36. Relación Costo – Beneficio -----	112



Índice de Imágenes

IMAGEN 01. DIAGRAMA DE EMISIONES GEI PARA MÉXICO -----	15
IMAGEN 02. Localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina-----	22
IMAGEN 03. Esquema de producción de Energía por medio de “Quema Directa” -----	27
IMAGEN 04. Esquema de producción de Energía por medio de “Motor de Combustión” -----	27
IMAGEN 05. Generación de Energía con Biomasa en Puebla. -----	65
IMAGEN 06. Potencial de Generación de Energía con Biogás en Puebla. -----	65
IMAGEN 07. Generación de Energía Actual por Energías Renovables (GWh/a). -----	67
IMAGEN 08. Recibo de Cobro de Energía Eléctrica -----	80
IMAGEN 09. Valores de Consumo de Planta Generadora de Energía. -----	82
IMAGEN 10. Tipos de biodigestores “más simples” -----	84
IMAGEN 11. Temperatura Media Anual para Determinar el Tiempo de Retención -----	87
IMAGEN 12. Geometría del bio-digestor tipo laguna -----	88
IMAGEN 13. Cortes de bio-digestor tipo laguna -----	89
IMAGEN 14. Planta de bio-digestor tipo laguna -----	90
IMAGEN 15. Transformador 15 kva 1F – 3H, Chipilo de Francisco Javier Mina. -----	93
IMAGEN 16. Transformador 45 kva 3F – 4H, Chipilo de Francisco Javier Mina. -----	94
IMAGEN 17. Fórmula para el Cálculo de la TIR -----	100
IMAGEN 18. Recibo CFE “Usuario Anónimo” -----	104
IMAGEN 19. Histórico Inflación en México. -----	111



Índice de Diagramas

Diagrama 01: Análisis de Ciclo de Vida.	20
Diagrama 02: Clasificación de la Energía Eléctrica y sus Recursos Energéticos.....	25
Diagrama 03. Procesos de la biomasa para la generación de Energía	29
Diagrama 04. Obtención y Usos del Biogás	36
Diagrama 05. Esquema de Reacciones de la Digestión Anaeróbica de Materiales	39
Diagrama 06. Reacción Metano – Oxígeno	44
Diagrama 07. Análisis de Ciclo de Vida	48
Diagrama 08. Esquema de Generación de Energía con el uso de un Biodigestor tipo Laguna --	48
Diagrama 09. Esquema de Modelo de Negocio para Generación de Energía	49
Diagrama 10. Interconexión a las Redes de Transmisión de la CFE	64
Diagrama 11. Guía para determinar “Demanda y Contratación de Servicio de Energía”.....	79
Diagrama 12. Esquema de Producción de Energía	81

Índice de Gráficos

Gráfico 01. Composición del Biogás de Vertedero	30
Gráfico 02. Horizonte de Planeación y Periodo de Operación	97



Abstract

Desde un punto de vista práctico, el biogás (gas metano) es un combustible que mezclado con oxígeno puede ser quemado para la obtención de calor, o incluso para generar una explosión y hacer funcionar un motor. En general es muy común escuchar o leer artículos sobre los múltiples beneficios que ofrece su uso, la cuestión es que si de modo específico hablamos de generar energía mediante un sistema electrógeno de combustión a base de gas metano, entonces es cuando no se puede hacer tal afirmación tan a la ligera. Es decir, quizás desde un punto de vista ambiental, la idea de aprovechar (y tratar) un residuo que contamina el ambiente resulta atractivo; pero si hablamos de generar energía e interconectarnos a las redes de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad nuestra visión debe ampliarse y entonces considerar muchos factores que intervienen en ese proceso.

Por lo anterior, este documento tiene como objetivo estimar la rentabilidad del biogás como proveedor de energía en un sistema de uso particular. A nivel general, la producción de energía con el uso de biogás en México es de aproximadamente 64.18 Mw de capacidad instalada (*INERE, Extraído 07/06/2017*). Pero el principal dilema no son las cifras que nos pueda mostrar un documento, sino el hecho de que un usuario pueda aterrizar la idea de producir energía dentro de su propia realidad. Quizás, con un poco de conocimiento en el tema, se puede pensar que el país no produce tanta energía por este medio si tomamos en cuenta los recursos que se tienen. Y entonces una pregunta razonable sería: ¿Por qué no ha sido explotado este recurso si todo mundo parece afirmar las múltiples bondades de biogás?

Por otro lado también debemos considerar los objetivos del gobierno para el desarrollo de las energías renovables, pues esto necesariamente se traduce en apoyos a la implementación de estos dispositivos. A simple vista, el uso de estas energías podría impactar de manera positiva a la economía de un usuario; pero si somos realistas, aún con apoyos de gobierno, este modo de generar energía en los hechos nos dice que no resulta tan atractivo.



I Contexto Teórico

Introducción

Antes de pensar en hablar de rentabilidad lo primero que debemos saber y entender del biogás es que no es un elemento que se obtenga de una sola fuente. Ante esta idea lo importante es establecer un residuo al cual podamos analizar y poder establecer una ruta de trabajo. Debido a la cantidad de residuos que genera la ganadería y el daño que ésta ocasiona al medio ambiente resulta interesante estudiar de un modo realista si es rentable para un usuario invertir recursos y obtener un beneficio bajo los esquemas que nuestro gobierno establece para generar energía.

Desde una perspectiva social y económica, la ganadería a gran escala tiene la dualidad de por un lado “asegurar el crecimiento sostenible de la población”, y por otro, mostrar impactos significativos indeseables que repercuten en la calidad de vida. Es decir, la incrementada tendencia hacia la ganadería intensiva se ha traducido en la seguridad alimentaria del país e incluso en el fortalecimiento económico, pero también la producción de mayores volúmenes de residuos y en consecuencia todas las repercusiones ambientales por la contaminación de agua, suelo y aire que ocasionan desechos generados. Estos cambios en la forma de explotación también ha traído consigo cambios en el tratamiento de desechos que pueden ofrecer un considerable potencial con enfoques para el re-uso de agua, recuperación de energía, nutrientes, compuestos orgánicos y reducción de emisiones de gases invernadero (*Shilton, 2005*). Al respecto los Bio-digestores anaerobios son utilizados para producir gas metano con el uso de residuos orgánicos (tanto vegetales como animales) y por otro lado contribuyen al mejoramiento de la calidad ambiental.

Para poner lo anterior en contexto debemos considerar que en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el biogás ocupa el tercer lugar dentro de las fuentes renovables de mayor crecimiento para la generación de electricidad. Ésta pasó de 13.1 *Tera watts hora* (TWh) en 2000 a 47.6 TWh en 2011 (*International Energy Agency, 2017*), con una tasa de crecimiento medio anual del 13%. A nivel mundial los países que más producen energía con el uso de biogás son:

- Alemania 37.3 % (16.2 Twh)
- Estados Unidos 22.4% (9.8 Twh)
- Reino Unido 13.1 % (5.7 Twh)

La pregunta ante estos datos sería ¿Cuánta energía produce México con el uso de biogás? Lo cierto es que México tiene un gran rezago con respecto a otros países y sobretodo, con respecto a los recursos que posee.

Según datos de la Comisión Reguladora de Energía (*INERE, Extraído 07/06/2017*) la biomasa en el país tiene un potencial “probado” de 522 MW y un “posible” de 3,642 MW. Ese dato nos lleva a pensar en tres cosas:



- ¿Qué acciones se están realizando con respecto a los residuos que genera la ganadería en el país?
- ¿Qué impacto tienen en el ambiente los residuos a los que no se le da tratamiento alguno?
- ¿Para qué nos alcanza esa cantidad de energía que se puede producir?

Se puede pensar que la generación y uso de biogás como fuente de energía renovable, es una opción sostenible que garantiza su rentabilidad desde cualquier punto de vista; es muy cierto que la población sigue creciendo y demanda cada vez más recursos. Con el uso de esta tecnología se podría resolver un problema ambiental cuando damos uso a la materia orgánica producida por la ganadería, y por otro lado generamos energía eléctrica para satisfacer las necesidades de un usuario. El aprovechamiento del metano, comparado con el uso de otros combustibles, puede representar una disminución en la emisión de gases con efecto invernadero y a la vez ser viable a largo plazo. Así mismo, se puede contribuir a reducir el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, lo cual trae consigo la adopción de tecnologías de acuerdo a las posibilidades de los productores para el aprovechamiento de sus residuos.

Pero no se debe olvidar que hablamos de rentabilidad y por ello es necesario definir tal concepto: Podemos decir que es la capacidad de producir o generar un beneficio mayor con respecto a una inversión, uso de recursos o esfuerzo realizado. En este punto resulta necesario analizar el tema desde diversas perspectivas:

- Rentabilidad Económico - Financiero

El núcleo de la rentabilidad de una inversión es la rentabilidad económica o rentabilidad que se obtiene por concepto de activos (inversiones). Es consecuencia del juego de la rotación y del rendimiento o resultado económico. Así, pues, una rentabilidad económica puede ser obtenida por distintas combinaciones de rotación y rendimiento. (Cuervo & Rivero, 1986)

Un aspecto fundamental del tema es que, con la implantación de estos sistemas de generación de energía, se obtenga un beneficio económico para el usuario y como consecuencia resulte atractivo. A simple vista el objetivo de la rentabilidad económica parece bastante entendible para cualquiera, pero si atendemos a todas las restricciones para evitar un daño al medio ambiente cuando se diseña un bio-digestor entonces empezamos a comprender que quizás no cualquier usuario está en condiciones de implementar estos sistemas de generación de energía. Es muy cierto que parece un contrasentido hablar por un lado de un modelo de negocio y por otro de cuidado al medio ambiente. Pero la tarea de implantar y desarrollar las tecnologías existentes representa un costo y por ello los estímulos hacia el usuario, sin duda alguna, deben reflejarse en un beneficio económico.



Nuestro servicio público de energía eléctrica cuenta con un gran número de tarifas para los consumidores, en función de su actividad y ubicación geográfica, las cuales se actualizan de acuerdo con factores de ajuste automático determinados por la autoridad hacendaria y con opinión de la Secretaría de Energía (SENER) y de la Comisión Federal de Electricidad (Ver Tabla 01). Y esto no es un dato ocioso, puesto que todo parte del punto en que el usuario pueda definir un costo real por cada kwh que consume, pues cada recibo tiene sus variables y eso es algo que hay que atender de manera minuciosa.

Tabla 01 Tarifas CFE

Tarifas Específicas	- Servicios Públicos	(5, 5-A, 6)
	- Agrícolas	(9, 9M, 9-CU, 9-N)
	- Temporales	(7)
	- Acuícola	(EA)
Tarifas generales	- En baja tensión	(2, 3)
	- En media tensión	(O-M, H-M, H-MC)
	- Con cargos fijos	(OMF, HMF, HMCF)
	- En alta tensión	(HS, HS-L, HT, HT-L)
	- Con cargos fijos	(HSF, HS-LF, HTF, HT-LF)
	- Servicio de respaldo	(HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM)
	- Servicio interrumpible	(I-15, I-30)

Elaboración Propia: Fuente (CFE-Tarifas, 2018)

- Rentabilidad Social

El diccionario de la Real Academia Española (RAE) define la rentabilidad como la condición de rentable y la capacidad de generar renta (beneficio, ganancia, provecho, utilidad). La rentabilidad, por lo tanto, está asociada a la obtención de ganancias a partir de una cierta inversión. Cuando hablamos de Rentabilidad Social la idea radica en que un proyecto debe proveer más beneficios que pérdidas a la sociedad en general.

En otras palabras, en el aspecto social, se puede decir que hablamos de cosas que no tienen un valor definido (como puede ser el caso de la belleza natural de algún sitio, la movilidad, la calidad del aire, etc.) y por lo tanto no se les puede asociar a un costo fijo. Bajo esa perspectiva es necesario decir que incluso el valor que se le pueda asignar a una “mejora ambiental” puede depender de un conjunto de personas en particular.

Ahora, ¿Cómo visualizar a la producción de energía como a un concepto del que se pueda obtener “Rentabilidad Social”? Sin duda alguna depende mucho de “como la estamos generando”. La producción de energía con el uso de residuos de la ganadería, en primera instancia, nos hace “suponer” que es posible obtener al mismo tiempo un beneficio económico y un beneficio social.

Pero sucede que si somos realistas, pensando en un usuario, ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir para mejorar su entorno? No olvidemos que el concepto de interconexión a la



“Red de Distribución de Energía” de la CFE necesariamente nos refiere a “una persona” (física o moral) y ese concepto no necesariamente está ligado a la comunidad.

Por todo lo anterior es que el apoyo gubernamental juega un papel “crucial” en el tema de la Rentabilidad Social. Por poner un ejemplo: (desde un punto de vista personal) a la calidad de vida la asociamos a bienes ambientales; y la asignación de estos bienes o servicios ambientales nos puede provocar algunos problemas concretos que deben resolverse con el análisis del costo-beneficio. A estos problemas los podemos definir del siguiente modo:

- Riegos por efectos irreversibles;
- El cuidado al medio ambiente representa invariablemente un costo que “alguien” debe absorber;
- Incertidumbre de nuestras decisiones actuales en el futuro.

Siendo razonables, el tema de la “conciencia ecológica” debería ser algo que se supondría deberíamos tener arraigado como sociedad y no sucede así. Entonces, y dada nuestra indiferencia, ¿a qué estamos obligados como ciudadanos en este tema?

Independientemente de la eficacia de las políticas públicas del país, es necesario decir que se debe analizar el marco legal para definir la viabilidad de la implementación de estos sistemas de generación de energía. También definirse con que tipos de apoyo se puede contar por parte del gobierno y bajo qué condiciones es que se encuentran disponibles.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A simple vista la gran interrogante con el biogás, producido a través de residuos de la ganadería, es que ese potencial se encuentra dividido en una cantidad importante de pequeñas granjas que difícilmente se pueden plantear la simple idea de implementar un bio-digestor. Es decir, a un ganadero con un número importante de cabezas de ganado (y de recursos), sus propias necesidades pueden llevarlo a plantearse la necesidad de abaratar sus costos de producción, por ello, pensar en bajar los costos de energía eléctrica atendiendo a la vez el tema de tratamiento de residuos indudablemente resulta en una opción atractiva. Pero, ¿qué sucede con los pequeños ganaderos?

Entonces, dentro de esa realidad no debemos olvidar que producir energía con desechos orgánicos nos obliga a ver el tema desde dos puntos de vista que, por su propia naturaleza, parecen ser incompatibles. Por un lado se puede aseverar que quien se plantea la idea de invertir recursos para generar energía es porque está esperando un beneficio meramente económico. Por otro lado, “tratar de residuos” a pequeña escala representa un obstáculo para quien pretende beneficiarse de ello. Y la idea de hacer tal afirmación no es otra que plasmar la opinión del “usuario común”, pues la tarea de respetar todos los requerimientos que se exigen para poner en marcha un bio-digestor se traducen en un costo.

Ese dilema quizás nos debería llevar a reflexionar lo siguiente: Un problema muy común en nuestro país – México – es la lentitud para abordar y dar solución a problemas de cualquier índole, y esta crítica pudiera parecer un dato inútil, pero no por ello dejar de ser una realidad que debemos tener en mente. Si hablamos de contaminación al medio ambiente, es justo decir que existen leyes y recursos que apoyan e impulsan a la investigación de energías renovables; y entonces tenemos que resulta difícil entender que la proyección de la economía y el desarrollo energético siga tan dependientes del uso del petróleo y sus derivados. En consecuencia se tiene la falta de acciones de los municipios (el primer contacto de la ciudadanía hacia los gobernantes) de proyectar medidas para el tratamiento y la utilización de los residuos que se generan a diario. Independientemente del uso que se le pueda dar a los residuos con la aplicación de tecnologías, el manejo que se haga de los mismos es de gran importancia, pues estos representan un alto riesgo de contaminación del suelo y mantos freáticos. En específico hablamos del aprovechamiento de residuos producidos por la ganadería, *que generan principalmente nitratos y fosfatos, y con el escurrimiento y filtración se incrementa el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. A este proceso se le denomina eutrofización y sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos usos de los recursos acuáticos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, etc.).* (EPA, 2002)

El ganado bovino puede producir un aproximado de 28 kgs diarios de deyecciones (orina + heces) (Robertson, 1977). Según el censo agropecuario 2007 - 2012 de INEGI, el estado cuenta con un aproximado de 344,079 cabezas de ganado bovino y 753,000 cabezas de



ganado porcino. Con estos datos se puede decir que el estado produce un aproximado de 9,634.21 toneladas diarias de residuos tan solo de ganado bovino.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Energías Renovables, en el estado de Puebla únicamente existe un biodigestor - ubicado en la localidad de Nopalucan, propiedad de Empacadora San Marcos - con la capacidad de producir energía de manera importarte (0.97 Mwp). Pero si tomamos en cuenta el volumen de residuos que se producen a diario, y que se encuentran dispersos en diversos municipios del estado, una reflexión válida sería cuestionarnos por el daño que causan a nuestro entorno y la carencia de acciones.

Es muy cierto que el uso de Biodigestores para producir energía eléctrica tiene sus limitantes, debido a que diversos factores pueden afectar negativamente la producción de energía, para lo cual debemos observar en todo momento los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de desechos orgánicos.
- Disponibilidad de Agua (para hacer la Mezcla)
- Clima.

Ahora, una cosa es producir una cantidad determinada de biogás y otra hacerlo de modo que resulte rentable bajo las condiciones que presenta cada caso en particular. Y es que producir energía nos obliga a pensar que cada usuario tiene una necesidad distinta y no se puede hablar de rentabilidad de un modo general. Es decir, si una persona tiene la capacidad de producir una cantidad de energía, no necesariamente implica que pueda darle uso al total de esa producción, y eso definitivamente determina la viabilidad del sistema.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La pertinencia del presente documento no reside en el hecho de dar simplemente cifras o mostrar tablas que cualquier usuario pueda usar como herramienta para darse una idea de si puede producir energía o no; sino el de mostrar (de un modo más ordenado que una simple idea) que tan accesible resulta producir energía por este medio.

Es muy común que la inquietud de producir energía por parte de un usuario comience en el momento en que percibe que paga un costo elevado por concepto de energía eléctrica. En general no hay claridad de sus alcances (o posibilidades) y solo existe un motivo propiamente económico. Siendo honestos, incluso antes de leer este documento es predecible suponer que si existe una tecnología es porque resulta conveniente utilizarla, pero la realidad nos muestra que la energía producida en el país usando biogás no es tan significativa. Es por ello la necesidad de analizar todos los factores que intervienen en este proceso.

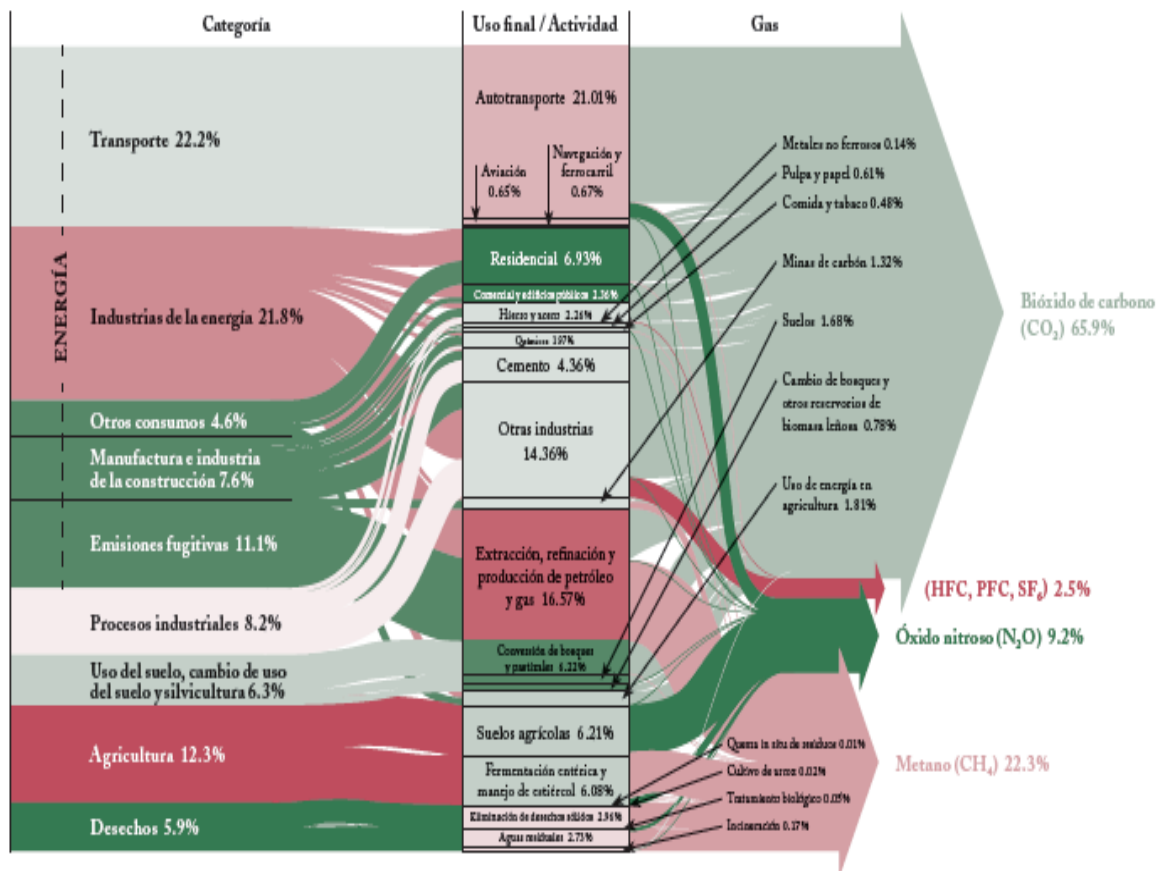
Hablar de la rentabilidad económica quizás, a nivel práctico, nos puede resultar sencillo. Es decir, si una inversión nos da como resultado una ganancia, entonces resulta atractivo.

Pero hablar desde un punto de vista ambiental nos obliga, por un lado, a atender las regulaciones existentes y por otro, entender a nivel general lo que sucede cuando se



genera energía. Y el tema ambiental no es un asunto menor puesto que uno de los sectores que más produce gases de efecto invernadero es, como se puede apreciar en la Imagen 01, la Generación de Energía Eléctrica, lo cual representa en México el 21.8% del total de las emisiones. *En 2010 las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la categoría de Energía, expresadas en CO₂ eq., registraron un aumento de 56.5% con respecto al año base (1990), al pasar de 319,173.8 Gg a 503,817.6 Gg, lo que significa una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 2.3%. (INEGEI, 2013).*

IMAGEN 01. DIAGRAMA DE EMISIONES GEI PARA MÉXICO



Fuente: Extraído de (WRI, 2005).

Los datos anteriores reflejan que la tendencia del consumo de energía en el país sigue aumentando, y como se ha mencionado con anterioridad, en México se desaprovechan bastantes recursos que pudieran ser utilizados para producir energía. Parte de la solución a dichos problemas puede ser el uso de los bio-digestores, puesto que aprovechan los residuos orgánicos para producir gas metano, y las tecnologías disponibles nos permiten utilizar dicho producto para generar energía eléctrica. En una proyección del potencial de generación de energía eléctrica con fuentes renovables en el país, la biomasa representa un recurso importante. Ver Tabla 02.



TABLA 02. Capacidad de Generación de Energía a través de fuentes renovables en México. 2013 (Megawatts)

Energía	Potencial	Capacidad Instalada
Hidráulica	4,320	12,417
Eólica	7,688	3,193
Geotérmica	6,062	921
Biomasa	3,642	808
Solar	12,271	123
Total	33,983	17,462

Elaboración Propia. Fuente: (INERE, Extraído 07/06/2017)

Pero materializar la idea de generar energía con biogás representa un reto debido a la intervención de diversas disciplinas, así como de leyes y reglamentos. Y entonces un usuario que solo pretende reducir sus costos (por concepto de energía) se encuentra ante la necesidad de disponer de una cantidad determinada de recursos que van más allá de la simple idea de generar energía.

Ahora, la realidad es que el potencial proyectado por la SENER al año 2030 bien merece la pena analizarlo a detalle. Por ello se plantea que para hacer atractivo el uso de biogás como medio para generar energía debe (al menos) existir un lineamiento a seguir en el cual existan alternativas para que todos esos recursos dispersos puedan, quizás de manera conjunta, aprovecharse.

De acuerdo a una encuesta personal (Ver detalle Anexo 4) realizada en la localidad de Chipilo, Puebla, queda claro que ni siquiera existe claridad del concepto de “tarifa” que se puede contratar con la CFE; y entonces ese panorama nos muestra una ruta a seguir, pues se debe comenzar por explicar claramente en qué consiste la generación de energía y como se puede aplicar atendiendo a las nuevas normativas del país y demostrando su “rentabilidad”.

TABLA 03. Encuesta a Usuarios de Servicio CFE

Pregunta	SI %	NO %
¿Sabe qué tipo tarifa tiene contratada con la CFE?	0	100
Se ha planteado generar energía eléctrica a partir de los residuos de su granja?	40	60
¿Sabe usted que contraprestaciones (pago) recibiría en caso de generar energía?	0	100
¿Estaría usted dispuesto a invertir recursos propios para generar energía pensando que el retorno de su inversión estaría proyectado en 3 años o más?	0	100
¿Estaría usted dispuesto a invertir recursos en un proyecto para solicitar un apoyo gubernamental sin tener garantía de que le puedan otorgar dicho apoyo?	0	100

Fuente: Encuesta Propia



1.3 Estudios de Caso.

En un documento de trabajo titulado “APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR AGROPECUARIO” se muestra un ejemplo en el que se presentan una serie de datos relevantes en cuanto a la viabilidad del uso de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica con el uso de biogás. Importante mencionar que los datos plasmados son en esencia solo eso, datos, pues en realidad lo primero que se debe entender cuando analizamos las necesidades de un lugar determinado es que nuestro objetivo debe satisfacer unas demandas específicas. En otras palabras, si consideramos los datos expresados de modo simplista podríamos asegurar que el biodigestor de la Granja Ana Margarita, Montemorelos, N.L. está sobredimensionado y por ello su fuerte dependencia de los Bonos de Carbono para que resulte rentable.

Algo que no se debe perder de vista en dicho documento es que se ha realizado en el año 2007, cuando el esquema “válido” de Interconexión a las líneas de transmisión de la CFE únicamente permitía hacer un intercambio de energía y no propiamente una compra - venta. Con las leyes actuales existe el marco jurídico que nos permite recibir una contraprestación (pago), entonces el objetivo de generar energía ya no solamente responde a una demanda específica y estamos en el punto en el que podemos optar por únicamente consumir nuestro “volumen” de energía que generamos o por ofertarlo a un mercado, o ambos.

Por lo anterior resulta importante decir que tan solo se menciona el Estudio de Caso como un ejercicio que tiene el objetivo de mostrar una posible solución a la gran pregunta de esta tesis: ¿Es rentable en términos financieros y económicos el uso del Biogás para generar energía eléctrica?

- **Granja Ana Margarita, Montemorelos, N.L.**

En la realización del proyecto participaron el FIRCO, la Universidad Autónoma de la Ciudad de México y la empresa AgCert México.

El biodigestor es para una granja porcina y cuenta con una capacidad de 8,516 m³ y una capacidad de producción de biogás de 20,478. El ganado disponible es de 11,200 cerdos.

- ❖ **Consumo de biogás para la operación del moto generador**

El moto-generador propuesto tiene una capacidad de producción de energía de 100 kva con una eficiencia al 80% (80 Kw). Ahora, tal y como está expuesto el documento únicamente se puede visualizar un escenario en donde solo se produce biogás y una cantidad de energía sin mencionar si era viable desde un punto de vista técnico.

⇒ Consumo promedio por hora (según documento): 22.00 m³ (Ver Tabla 04 de consumo de biogás)



TABLA 04. Consumo Biogás (Expresado en Documento)

Demanda de Biogás por Hora de uso (m ³ /hora)	No. De horas de uso del Generador	Consumo de Biogás por día de uso. (m ³ /día)	Consumo de Biogás por mes de uso. (m ³ /día)
22.001394	1	22.00	660.04
22.001394	2	44.00	1,320.08
22.001394	3	66.00	1,980.13
22.001394	4	88.01	2,640.17
22.001394	5	110.01	3,300.21
22.001394	6	132.01	3,960.25
22.001394	7	154.01	4,620.29
22.001394	8	176.01	5,280.33
22.001394	9	198.01	5,940.38
22.001394	10	220.01	6,600.42
22.001394	11	242.02	7,260.46
22.001394	12	264.02	7,920.50
22.001394	13	286.02	8,580.54
22.001394	14	308.02	9,240.59
22.001394	15	330.02	9,900.63
22.001394	16	352.02	10,560.67
22.001394	17	374.02	11,220.71
22.001394	18	396.03	11,880.75
22.001394	19	418.03	12,540.79
22.001394	20	440.03	13,200.84
22.001394	21	462.03	13,860.88
22.001394	22	484.03	14,520.92
22.001394	23	506.03	15,180.96
22.001394	24	528.03	15,841.00

Elaboración Propia, Fuente: (SAGARPA, 2007)

❖ **Equivalencia energética del biogás con relación a otros combustibles**

- 1m³ de biogás (60% de metano) equivale
- 0.71 litros de gasolina
- 0.55 litros de diésel
- 0.45 litros de gas licuado de petróleo. *(Muñoz R, 2004)*

Bajo esa consideración, según el documento, se tendría posibilidad de desplazar el consumo de 18,404 litros de gasolina, ó 14,256 litros de diesel, ó 11,664 litros de gas licuado (teniendo en cuenta el moto-generador elegido en el estudio). Desafortunadamente los datos expresados en dicho documento no necesariamente expresan la realidad, puesto que los distribuidores de equipos pueden mostrar valores completamente distintos que modificarían en gran medida los consumos de biogás por cada Kwh producido.

En todo caso, lo rescatable del documento es que nos podemos plantear una idea más cercana a la realidad de todo lo que implica la producción de energía de un modo rentable.



Entonces, lo primero debemos considerar si queremos generar energía es que tenemos unos componentes elementales:

- Biodigestor;
- Sistema Electrónico;
- Tablero de sincronía;
- Sistema de agitación;
- Tren de limpieza;
- Soplador;
- Quemador.

Pero cada uno de ellos se debe proyectar con un periodo de vida muy distinto, por ejemplo: en el propio documento al bio-digestor se le considera una vida útil de 10 años y al moto generador se le considera una vida útil de 5 años. Por lo cual, esto nos lleva a pensar en un análisis del ciclo de vida que tiene esa granja y así considerar las variables que existen a la hora de proyectar un sistema de generación de energía.

En todo caso, y sin afán de ser pretencioso, el aspecto que interesa realmente a los ganaderos se encuentra en lo económico, es decir, qué se puede vender y qué rentabilidad obtienen de su explotación. Aunque si no existiesen condiciones sanitarias adecuadas, es muy probable que los aspectos económicos se verán afectados por esta variable.

Un gran problema dentro de la ganadería es que en sus procesos de producción se genera una cantidad importante de desechos orgánicos, que al no manejarse adecuadamente inciden en efectos contaminantes. Estos desechos orgánicos consisten en residuos sólidos y líquidos que son acarreados por el agua en los procesos de lavado de las instalaciones, y que contienen principalmente el estiércol, además del alimento no consumido, entre otros componentes.

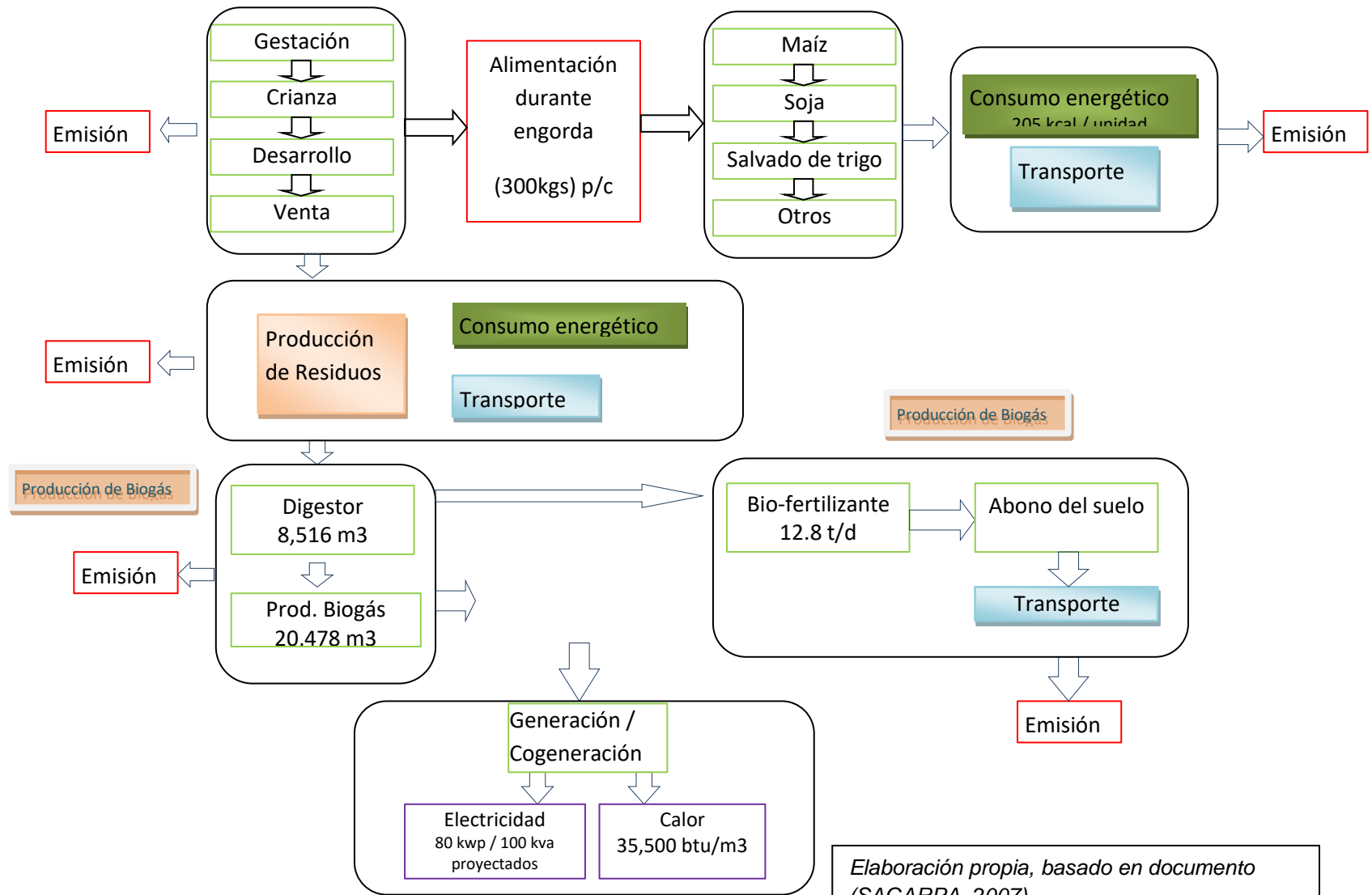
Por todo lo anterior, es importante visualizar que influye dentro del ciclo de vida de una granja y entonces tener una base para proyectar un sistema de generación de energía de modo real. En el Diagrama 01 se muestran los datos relevantes de un biodigestor en funcionamiento.



Granja Ana Margarita, Montemorelos, N.L.

Capacidad del biodigestor: 8,516 m3
Capacidad de producción de biogás: 20,478 m3 al día
Cantidad de ganado: 11,200 cerdos
Consumo de energía eléctrica: 40,000 kw/h

Diagrama 01: Análisis de Ciclo de Vida.



1.4 Objetivos de Investigación

1.3.1 **Objetivo general:**

Evaluar la rentabilidad económica y financiera de la generación de energía eléctrica con el uso de biogás producido con residuos del ganado bovino.

1.3.2 **Objetivos particulares**

- Evaluar la demanda energética vs producción para determinar la viabilidad del sistema.
- Estimar gastos, ingresos y tiempo de retorno de la inversión.
- Diseñar un modelo de negocio acorde a las necesidades del usuario.
- Definir a qué tipo de usuarios les resulta rentable el uso de un bio-digestor en función a su demanda energética y su tarifa de pago.
- Demostrar en cifras el potencial de un generador de energía con el uso de biogás.
- Reducir la contaminación producida por los desechos orgánicos de la ganadería.

1.4 Hipótesis o Preguntas de Investigación

Diversos Estudios muestran que el biogás tiene un gran potencial en el país para producir energía eléctrica, véase: (Ávila Soler, 2009), (SENER, 2013), (Rios & Martin, 2013), pero la realidad es que en México los indicadores del Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE) muestran un escenario completamente opuesto. Con estos antecedentes, ¿Es realmente viable considerar al biogás como “una opción real de seguridad energética”?

La propia naturaleza del biogás nos plantea un ejercicio “relativamente complejo” tan solo para poder obtenerlo. Desde esa óptica, ¿Cómo hacer atractivo generar energía con Biogás para una persona que debe disponer de tantos recursos?

Es necesario el diseño de un “modelo de negocio” para que el sistema resulte sostenible, sin embargo, ese concepto no es algo con lo que la población (mayormente rural) esté muy familiarizada. Esto conlleva a que los gobiernos, independientemente de los apoyos o financiamientos a la adquisición del propio sistema, deben concebir sus leyes y normas desde una visión cercana a esa realidad.

1.5 Ubicación del Objeto de Estudio.

Es necesario precisar que la pretensión no es establecer una ubicación fija; uno de los alcances que pretende este estudio implica que los datos aquí expresados puedan servir como referente en diversas ubicaciones. Es muy cierto que la bio-digestión depende de factores diversos como la temperatura o disponibilidad de recursos pero, aun con esas limitantes, la realidad es que los recursos con los que cuenta el país se encuentran subutilizados.



Con lo anterior, tenemos como ejemplo a la localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina pertenece al municipio de San Gregorio Atzompa, Puebla, que se encuentra a 12 kms de la Ciudad de Puebla a una altura de 2150 metros sobre el nivel del mar y sus rangos de temperatura son los siguientes:

Máximas: 26°C a 28°C (anual).

Mínimas: 2.7°C-3.9°C (anual).

Las temperaturas de la localidad y su propia actividad ganadera nos permiten establecer que se cuenta con las condiciones para llevar a cabo el proceso de bio-digestión y por lo tanto el lugar resulta viable para hacer el estudio.

IMAGEN 02. Localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina



Extraído de (MAPS-INEGI, 2018)

La localidad tiene como una actividad económica predominante a la ganadería. Según el censo agropecuario 2007 – 2012 (INEGI, 2007), se cuenta con un aproximado de 8,868 cabezas de ganado bovino y 200 cabezas de ganado porcino. La zona representa un área de oportunidad en la generación de energía, pues se reúnen todas las condiciones necesarias para lograrlo.

La localidad cuenta con el suministro de energía eléctrica en Media y Baja Tensión en el 90% de la localidad por parte de la CFE. Este dato es relevante debido a que existe la factibilidad para realizar la interconexión a la red.



2 Marco Conceptual

2.1 Introducción (La Energía y el Biogás)

La energía es un ingrediente fundamental en la economía no solo del país, sino del mundo, y aun cuando se han implementado programas a nivel gubernamental para promover a las energías renovables y se invierte en el desarrollo de nuevas tecnologías, particularmente en nuestro país, la economía y desarrollo están orientadas al uso de hidrocarburos. Sin embargo sabemos que a mediano plazo estos recursos necesariamente se tienen que agotar. En consecuencia es primordial encontrar y desarrollar tecnologías que nos ayuden a dejar esa fuerte dependencia que tenemos del petróleo y así garantizar el crecimiento sostenible del país.

Desde la óptica de un arquitecto, abordar el tema de la generación de energía, implica la adecuación de la propia tecnología dentro de los espacios que diseñamos y que habitamos. En el mercado, existe diversidad de dispositivos para generar “energías limpias”, y el país tiene los recursos para hacerlas funcionar; por ejemplo, nos encontramos dentro del llamado “cinturón solar”. También tenemos ganadería, corrientes hidráulicas, etc., Por lo anterior es necesario decir que tenemos el modo para reducir de modo importante el excesivo uso de petróleo; la cuestión es usar las tecnologías disponibles de un modo coherente y saber estimular su uso.

Otra situación a considerar es el hecho de que la producción de energía en la actualidad representa un factor importante en el deterioro del ambiente, esto por las emisiones resultantes de su producción. Entonces, ¿Qué recurso es una opción viable para nuestro país (y en específico el Estado) para poder generar energía renovable? Sin duda alguna y dada su abundancia, “la biomasa”.

Es muy común que cuando hablamos de biocombustibles no se tenga una idea clara de si nos referimos a la biomasa por quema directa, al etanol o el metano (entre otros). Dado que la palabra biocombustible abarca una variedad de conceptos es necesario decir que en el presente capítulo se pretende explicar la viabilidad de la producción de energía con el uso de biogás obtenido por los residuos de la ganadería, lo cual significa que nos referimos al gas metano.

Con todo lo anterior, podemos decir que la propia situación ambiental del país resulta una razón suficiente para justificar y desarrollar una investigación que muestre los puntos fuertes y débiles de la utilización del biogás como posible proveedor de energía. Ante el mundo, México se ha comprometido a avanzar en el tema de las energías renovables, pero es justo decir que eso no es una tarea sencilla porque se requiere una fuerte intervención del gobierno, pero también de los particulares. Es decir, la aplicación de estas tecnologías representa un cambio de consciencia de una población que tiene grandes rezagos económicos y problemas de toda índole que parecen más urgentes de atender, entonces, ¿Cómo hacer un cambio teniendo todos estos antecedentes?



2.2 ¿Que es Energía?

A la energía se le puede definir como la capacidad de producir un efecto (*Van Wylen, Sonntag, & Borgnakke, 2000*). Existen diferentes fuentes de energía, y si bien el resultado final de ésta se traduce en hacer trabajar un cuerpo, la forma en cómo se presenta esta energía no es siempre la misma. *El concepto “fuente de energía” es un término colectivo para señalar a aquellas fuentes energéticas, tales como el poder animal (incluido el humano), carbón, petróleo, gas natural y energía nuclear, así como también fuentes de energías alternas o renovables, como las energías geotérmica y solar (Cleveland & Morris, 2009)*. A esas fuentes de energía se les puede clasificar en dos categorías: Renovables y No Renovables.

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que, en la medida en que son usadas, la naturaleza no podrá reponerlas en una escala de tiempo acorde con nuestra realidad. Las importantes fuentes de energía en estos tiempos (al menos para generar energía eléctrica) son los combustibles fósiles, particularmente el carbón, el petróleo y el gas natural, como se puede verificar en la página del INEGI (*C. INEGI, 2009*). Estos energéticos pueden nunca ser remplazados, hablando en términos de años de esperanza de vida humana, ya que se requieren millones de años para ser remplazados.

Los recursos energéticos renovables son aquellos que se pueden usar a un ritmo menor o igual al que se generan. *Los combustibles fósiles no son renovables puesto que su formación requiere de períodos de millones de años, y por ello la necesidad de buscar opciones dada la inmediatez de nuestras necesidades.*

Las fuentes de energía se dividen en primaria y secundaria. La energía primaria es aquella que contiene potencialmente energía y que se encuentra en su estado natural. Aquí se incluyen los combustibles fósiles, (carbón, petróleo y gas natural), también están presentes las sustancias fisionables como el uranio, la energía hidráulica y la energía geotérmica. Puede adicionarse la energía solar.

La energía secundaria es aquella que proviene de la transformación de las fuentes de energía primaria. El resultado de esta transformación de la energía es, a su vez, la energía que nos permite desarrollarnos como sociedad, como la generación de electricidad, la movilización del transporte, y en general, para todo lo que nos sirve la energía en las sociedades modernas, incluido el procesamiento de alimentos. (Barquín, 2004).

En el particular caso del biogás tenemos que se deben seguir una serie de procesos antes de obtenerlo como producto final. Hablamos de una energía “secundaria” y esos procesos al final representan un costo.



2.3 Energías Renovables

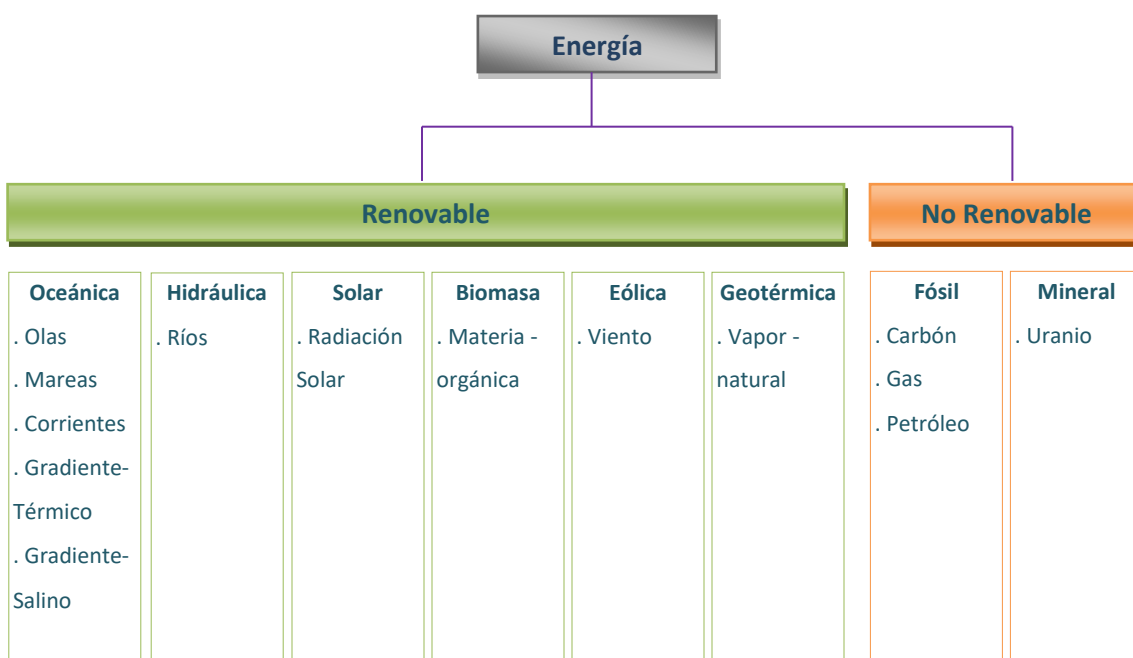
Según el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE) las fuentes de energía renovable se pueden catalogar del siguiente modo: Oceánica, hidráulica, eólica, geotermia, solar y biomasa.

Puede ser desalentador que los energéticos llamados “convencionales” se localicen generalmente en yacimientos geográficamente definidos, tengan una alta densidad energética, puedan extraerse al ritmo que así nos convenga y además puedan transportarse hasta el punto de consumo. Y eso, sin duda, resulta mucho más económico que idear todo tipo de soluciones mucho más costosas de implementar.

Las energías renovables, por el contrario, son de naturaleza generalmente dispersa, en gran medida dependientes del clima, de intensidad variable, algunas de ellas intermitentes en mayor o menor grado, y deben convertirse en energéticos secundarios en el lugar en donde se pueden explotar.

Pero los esquemas de aprovechamiento o explotación para las energías renovables son muy diversos, y eso puede resultar una ventaja, pues se pueden instalar cientos de pequeños generadores de unos cuantos Kwp (Kilo-watts de potencia) que se pueden conectar a la red, o incluso, hasta grandes centrales de generación de “cualquier” cantidad de Mwp (Mega-watts de potencia). El “Diagrama 02” nos ayuda a entender la clasificación de las energías.

Diagrama 02: Clasificación de la Energía Eléctrica y sus Recursos Energéticos



Elaboración propia. Fuente: (INERE, Extraído 07/06/2017)



El costo de la energía en pesos *por kilowatt hora* producido (o contraprestación) es un parámetro utilizado para estudiar de entre las distintas fuentes de generación. El conocimiento del potencial de producción de los recursos disponibles es indispensable para proyección de los sistemas de generación de energía.

Desde un punto de vista práctico: ¿Cuál es una zona factible para desarrollar un proyecto de generación de energía? Sin duda alguna la buena calidad de los recursos juega un papel importante, pero por la naturaleza del presente estudio, la infraestructura del lugar define también los alcances o posibilidades del sistema.

2.4 La Biomasa como Energético

La RAE define a la biomasa como *“materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”*. A diferencia de otros recursos renovables como el viento o la irradiación solar, la biomasa no es un elemento único, sino que el concepto incluye una gran variedad de insumos, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- Residuos agrícolas, generados en la cosecha de la producción agrícola.
- Residuos ganaderos, consiste en aprovechar el metano que generan los purines del ganado bovino o porcino
- Residuos urbanos, residuos degradables depositados en ubicaciones controladas
- Residuos industriales, consiste en aprovechar los residuos degradables generados en procesos industriales.
- Residuos forestales, implica aprovechar los residuos generados en las actividades madera y de limpieza de bosques, así como en la tala de árboles.
- Cultivos energéticos, implica desarrollar plantaciones de crecimiento rápido con el objetivo de producir energía térmica, eléctrica o para la producción de biocombustibles.

Ahora, aun cuando las opciones son variadas no debemos perder de vista el hecho de que la energía consumida por los países miembros de la OCDE en estos días, como se muestra en la tabla 05, depende en un 58.7% del petróleo, carbón y gas natural (productos no renovables). Entonces la pretensión no es decir que la biomasa puede sustituir en su totalidad a los combustibles fósiles, sin embargo es posible reducir por este medio su uso.

Tabla 05: Producción de Energía por tipo de Combustible (países miembros de la OCDE)

Combustibles Fósiles	61.9%
Energía Nuclear	16.7%
Energía Hidroeléctrica	12.4%
Otras Energías Renovables	9.0%

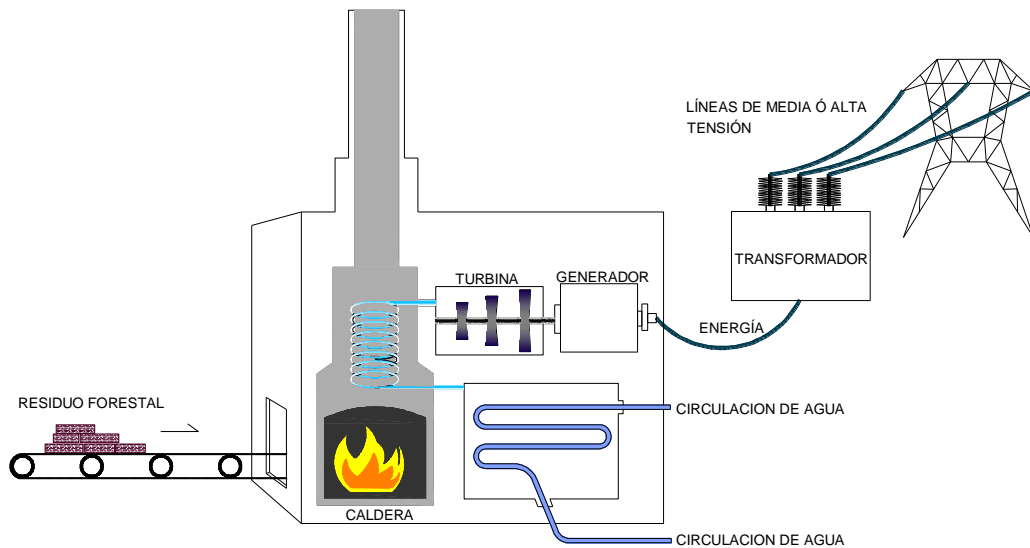
Elaboración propia. Fuente: (*International Energy Agency, 2018*)



El concepto de funcionamiento de los dispositivos de generación de energía con el uso de biomasa puede variar dependiendo del tipo de biomasa que se utilice. Esto es que se puede producir energía por “quema” directa (de la biomasa) o por medio de un motor de combustión interna.

A grandes rasgos, para visualizar el concepto de quema directa, podemos imaginar a una locomotora de vapor. Como se muestra en la *Imagen 3*, se pueden quemar residuos forestales y generar calor para que por medio de una caldera, el agua contenida se evapora, y así obtenemos energía mecánica rotatoria por medio de una turbina.

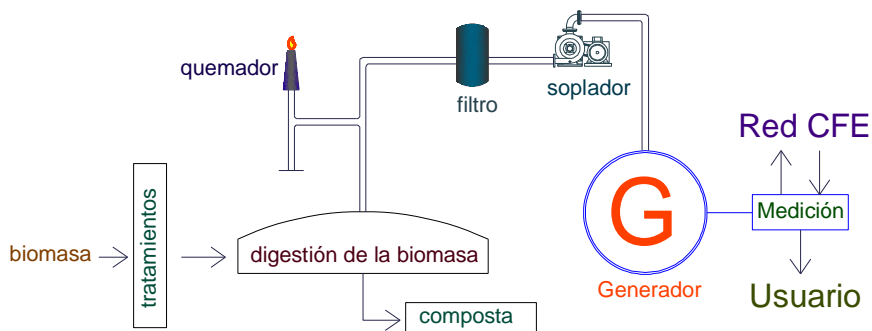
IMAGEN 03. Esquema de producción de Energía por medio de “Quema Directa”



Elaboración Propia

IMAGEN 04. Esquema de producción de Energía por medio de “Motor de Combustión”

El funcionamiento de una planta generadora de energía por medio de un motor de combustión interna es muy similar al de un automóvil y consiste en generar una explosión que a su vez, a partir de un combustible, se genera una explosión que hace girar un “cigüeñal”. Ese movimiento se transmite a un generador de energía que debe ser compatible con el voltaje que nos entrega la CFE.



Elaboración Propia



Específicamente hablando, un motor a combustión puede funcionar con Etanol o con biogás. El bio-etanol, no es objeto de este estudio, pero a nivel general debemos saber que puede utilizarse como combustible mezclado en cantidades variadas con gasolina. Si consideramos que actualmente es mucho más económico que el diésel o la gasolina podría resultar particularmente atractivo, y sin duda nos ahorramos una cantidad importante de estudios, pero las limitaciones son evidentes considerando que la propia LEY DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO DE LOS BIOENERGÉTICOS (LPDB) y su reglamento indica restricciones para su producción. En México se produce mayormente a partir del uso de maíz.

Por otro lado tenemos al biogás, que como peculiaridad, se puede producir a partir de diversos residuos.

En lo que se refiere a residuos urbanos, el potencial se centra en las ciudades que cuentan con rellenos sanitarios (Monterrey es un ejemplo de aprovechamiento de este recurso), mientras que el mayor potencial agrícola se encuentra en estados como Sonora, Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas y Guanajuato que, por su volumen de producción y la productividad de las tierras, generan un alto volumen de residuos aprovechables.

En el caso del potencial ganadero en el Estado de Puebla, se ubica primordialmente en regiones con un alto número de cabezas estabuladas entre las que se encuentran, según datos de INEGI:

- Municipio de Chiautla 14,678 cabezas
- Municipio de Venustiano Carranza 12,612 cabezas
- Municipio de Tecamachalco 10,795 cabezas
- Francisco Z. Mena 9,143 cabezas
- San Gregorio Atzompa 9,128 cabezas.

La tecnología utilizada para la digestión anaerobia convierte la biomasa con un alto contenido de humedad en biogás. Este proceso ocurre naturalmente y puede ser utilizado para proveer una muy efectiva manera para tratar materiales orgánicos, incluyendo cultivos energéticos, residuos o desperdicios provenientes de procesos industriales o agrícolas y de desperdicios municipales. Los dos principales productos de la biodigestión son el biogás y el residuo resultante por la digestión, en cual después de un tratamiento adecuado puede ser usado como un bio-fertilizante.

Con el propósito de analizar el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica, es importante considerar tres componentes críticos del proceso: 1) materia prima; 2) la conversión y; 3) las tecnologías de generación. La fuente y sustentabilidad de la materia prima es crítica desde el aspecto económico y de éxito en el proyecto de construcción de una planta de generación de electricidad a base de biomasa. Otros factores determinantes de la materia prima es la cantidad de energía, ceniza y contenido de humedad, el cual impacta en el costo por unidad de energía, transporte, pre-tratamiento y costo de almacenamiento, así como la adecuación de las diferentes tecnologías de conversión. La biomasa puede ser convertida en electricidad a través de procesos

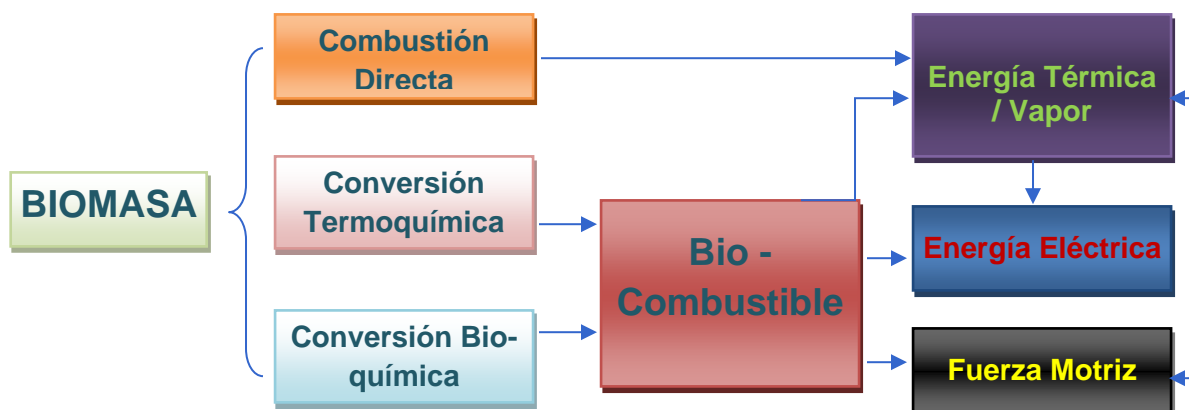


termoquímicos (combustión, gasificación y pirolisis) o procesos bioquímicos como la digestión anaeróbica.

Las tecnologías de combustión directa de biomasa se puede decir que están bastante desarrolladas, son comercialmente disponibles y que pueden ser aplicadas a gran escala; estas tecnologías son las más comunes para la generación de electricidad a base de biomasa y los datos reflejados en el INERE muestran que en mayor número la energía se producen de ese modo. Por su parte, las tecnologías de gasificación ofrecen la posibilidad de convertir la biomasa en un subproducto que es gas, el cual puede ser utilizado como combustible en turbinas de gas simple o en ciclo combinado. La gasificación comprende esencialmente dos pasos: el primero es la pirolisis, que es la descomposición de la biomasa por medio de calor; y la segunda es el proceso de gasificación, en donde los hidrocarburos volátiles y los productos carbonizados son gasificados a altas temperaturas en la presencia de un agente reactivo (aire, oxígeno, vapor o una mezcla de esos gases) para producir monóxido de carbono (CO) con hidrógeno (H₂), con algo de bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), otros hidrocarburos pesados y compuestos como el alquitrán y la ceniza. (Basu, 2010)

Los productos del proceso de gasificación de biomasa y quema directa pueden ser utilizados para la generación de energía eléctrica de acuerdo al esquema ilustrado en el Diagrama 03.

Diagrama 03. Procesos de la biomasa para la generación de Energía.



Elaboración Propia

2.5 Biogás

2.5.1 ¿Qué es Biogás?

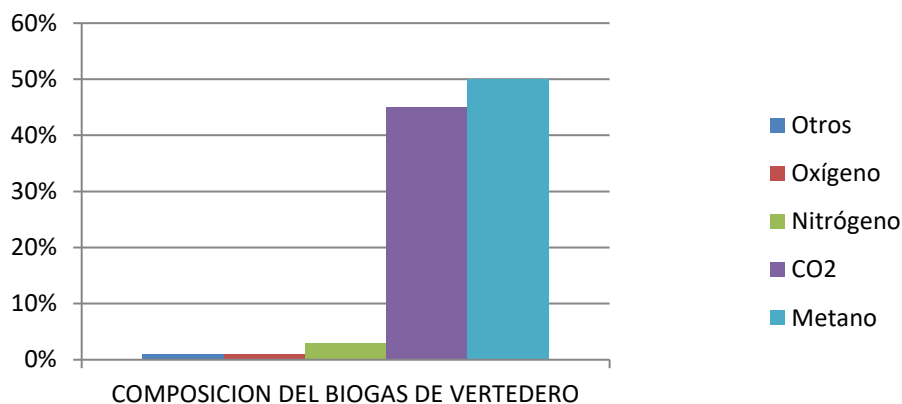
Cuando la materia orgánica (residuos alimenticios, animales, vegetales, aguas residuales) entra en descomposición en ausencia de oxígeno, se genera un gas que consiste en un 40-70% de metano, dióxido de carbono y algunos otros gases. Este gas es comúnmente llamado biogás, lo cual resulta ser un término impreciso puesto que el gas producido por



descomposición aerobia (dióxido de carbono) también es biogás, ya que también es el resultado de la biodegradación. (Abbasi, Tauseef, & Abbasi, 2012)

El metano no es el único tipo de gas que se puede obtener de la digestión anaerobia. Mediante distintas condiciones y con otras diferentes especies de microorganismos, gases como el hidrógeno o el sulfuro de hidrógeno pueden ser generados. Sin embargo las bacterias metanógenas se encuentran comúnmente en la naturaleza y como resultado de la digestión anaerobia, en su mayoría, obtenemos metano como se muestra en el Gráfico 01.

Gráfico 01. Composición del Biogás de Vertedero.



Elaboración propia. Fuente: (Abbasi et al., 2012)

Por lo anterior, podemos decir que el biogás es un biocombustible compuesto por una mezcla de gases, principalmente metano y dióxido de carbono y, en menor medida, por sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno, y puede aprovecharse para generar calor, electricidad y como combustible para el transporte.

Las propiedades del biogás dependen de la presión y la temperatura. Su valor calorífico corresponde aproximadamente a la mitad de un litro de diésel; el valor calorífico neto depende de la eficiencia de los quemadores o de su aplicación.

La generación de biogás a través del procesamiento de residuos sólidos, excretas animales y plantas, permite generar energía eléctrica y evita la emisión de gases de efecto invernadero.

2.5.2 Historia del Biogás

La digestión anaerobia o anaeróbica se ha utilizado desde hace varios siglos por pueblos chinos y persas como generador de temperatura; ellos lo utilizaban para calentar los baños de agua; sin embargo, tuvieron que pasar muchos años para darse cuenta que el metano no solo se encuentra en el gas natural proveniente de los fósiles, sino que este se producía constantemente. (Van Brakel, 1980)



Los primeros indicios de su existencia fueron registrados por Alessandro Volta en el año 1776. *Volta descubrió la formación de un gas combustible sobre pantanos, lagos y aguas estancadas y relacionó la formación de biogás con la cantidad de materia orgánica depositada en su fondo.*

La estructura del gas metano CH₄ fue descubierta por Amedeo Avogadro en 1821. En el año 1868 el biólogo inglés Antoine Béchamp definió las reacciones de formación del biogás como constituyentes de un proceso microbiológico. (Sowers, 2009)

La primera planta de digestión anaerobia fue construida en una colonia de leprosos, en Bombay, India en 1859. Más tarde, en 1895, los digestores anaerobios llegaron a Inglaterra, cuando el biogás fue usado como combustible en las lámparas externas de las calles de Londres.

En 1884 el químico francés Pasteur realizó investigaciones del biogás producido a partir de residuos animales. Unos de sus alumnos llamado Gayon fermentó 1m³ de estiércol de ganado a 35 °C obteniendo unos 100 l. de biogás. Este ensayo dio tan buenos resultados que Pasteur sugirió que se podría utilizar como combustible para calefacciones y para el alumbrado público. Se obtuvieron resultados tan positivos que incluso se pensó en aprovechar el estiércol de los miles de caballos que en esa época servían como transporte público por las calles de París.

En el año 1906 se realizó la construcción de la primera planta de tratamiento en Alemania, y en el 1920 se construyó una planta depuradora de aguas residuales anaeróbica con producción de biogás que se inyectó a la red pública de gas natural.

Durante la Segunda Guerra Mundial muchos granjeros construyeron digestores para producir biogás con el fin de alimentar tractores y producir electricidad. Estas instalaciones cayeron en desuso a finales de los años 50 cuando se inició el boom petrolero. (Bosch Martí, 2011)

En el país el biogás representa un bio-energético capaz de sustituir, en parte, a los energéticos convencionales (carbón, diésel, gasolina, etc.) en la generación de energía. Según la Secretaría de Energía (SENER) es posible que *exista un potencial “instalable” de 3,642 MW (11,485 GWh/a)* para la generación de energía eléctrica a través de la biomasa, que incluye a la tecnología por quema directa y la de combustión interna (INERE, *Extraído 07/06/2017*); en ese potencial tenemos al biogás como una resultante de la descomposición de residuos vegetales y animales, residuos sólidos urbanos (RSU) e incluso el tratamiento de aguas negras.

En la tabla 06 se muestra el valor calorífico del biogás que se puede estimar en 23 MJ/kg, y sus principales usos en México están relacionados con la generación de energía motriz, eléctrica y térmica.



TABLA 06. Valor Calorífico de Combustibles

Combustible	Valor Calorífico (CV) Aproximado	Factor de emisión indirecto (kgCO ₂ e/GJ, CV neto)
Petróleo	45.21 MJ/kg	12.51
Gas Natural	36 MJ/m ₃	5.55
Gas Natural Licuado	55.14 MJ/kg	20.00
Keroseno	43.12 MJ/kg	13.34
Diesel	44.79 MJ/kg	13.13
Biogás	23 MJ/m ₃	0.246 ^b

Elaboración Propia. Fuente: (Hill, Walker, Beevor, & James, 2011)

Ahora, del biogás se deben resaltar dos cosas de los datos expresados en la Tabla 05:

- 1) Técnicamente, se puede aseverar que *se consigue una mayor eficiencia energética cuando se emplea biomasa para generar electricidad que cuando se convierte en combustible para el transporte*. Dicha aseveración se expone porque *1 MJ de biomasa puede reemplazar alrededor de 0.95 MJ de combustible fósil en la producción de calor y energía eléctrica, mientras que 1 MJ de biomasa puede reemplazar sólo alrededor de 0.35 a 0.45 MJ de petróleo crudo en el sector transporte* (Edward et al., 2008). Considerando que el envase, almacenamiento y/o transporte de un elemento volátil e inflamable siempre representará un costo adicional, en ese sentido, el aprovechamiento *in situ* del biogás representa un atractivo en cuanto a costo.
- 2) No hay que perder de vista que la emisión de gases de efecto invernadero del biogás son menores en comparación con los otros combustibles expresados en la tabla. Algunas investigaciones plantean que *el biogás empleado como combustible en los vehículos produce 80% menos Óxido Nitroso (N₂O) que el diésel; además de menos emisiones de partículas*. (EST, 2018)

Respecto al sector ganadero en México, el empleo del biogás para la producción de energía eléctrica se puede decir que es viable. Usar residuos para producir biogás pudiera jugar un papel importante en una posible “unión de esfuerzos” por parte de varias granjas ganaderas; se reducen riesgos a la salud (facilitando el control de la contaminación) y también se añade valor agregado a los subproductos que se obtienen de la biodigestión, como puede ser el abono.

2.5.3 El biogás en México

Como se ha mencionado anteriormente, para la obtención de biogás no se puede hablar de un elemento único y por ello las cifras que se pueden obtener de los inventarios deben interpretarse en función al origen del residuo que se utiliza para su obtención. En la Tabla 07 se muestra una capacidad instalada de 64.18 MWp, no obstante, el potencial de aprovechamiento energético del biogás como biocombustible en el país es mucho mayor, por lo que se plantea que con la producción a pequeña escala de energía eléctrica, por un lado se abatan costos en el consumo de energía eléctrica, y por otro lado, se ayude a



mitigar la emisión de gases de efecto invernadero ocasionadas por las operaciones del sector ganadero.

TABLA 07. Capacidad Instalada de Generadores con Biogás

Estado	Cap. Instalada (MWp)	Generación (GWh/a)
Aguascalientes	2.62	9.05
Chiapas	0.60	0.37
Chihuahua	7.20	25.21
Coahuila	2.98	9.84
Durango	1.60	1.90
Edo de México	0.97	6.77
Guanajuato	1.75	1.22
Jalisco	14.24	6.92
Morelos	1.07	0.00
Nuevo León	27.76	88.15
Puebla	0.97	0.00
Querétaro	2.42	7.72
Total	64.18	157.15

Elaboración Propia, Fuente: (INERE, Extraído 07/06/2017)

a) Residuos sólidos urbanos

El propio concepto de “residuos sólidos urbanos” nos lleva a pensar en rellenos sanitarios, y bajo esa lógica un adecuado manejo de los mismos no plantea una fuente “inagotable de recursos”. Aún con ello siempre se deben realizar estimaciones del potencial. Al respecto el propio gobierno federal pone a disposición en su propia página web.

En las Prospectivas de Energías Renovables 2012-2026, (SENER, 2012) se menciona que el 58.9% de los residuos urbanos se localizan en siete entidades federativas:

- Ciudad de México;
- Estado de México;
- Guanajuato;
- Jalisco;
- Nuevo León;
- Puebla; y
- Veracruz

De acuerdo a los datos del documento se generan de 16,647 toneladas en 186 rellenos sanitarios, aunque esos datos se van actualizando.

b) Residuos ganaderos

En el documento ya mencionado de “prospectivas” se estima que existen:

- 3,000 establos lecheros;
- 1,500 granjas porcinas
- 94 rastros TIF; y



- 905 rastros municipales, sin considerar los corrales de engorda y granjas avícolas interesadas en la tecnología, además de miles de unidades de producción pequeñas que podrían utilizar el biogás y sus aplicaciones para servicios de autoconsumo.

En todo ello, la información concreta que se debe analizar es que el aprovechamiento con excretas bovinas lecheras podría generar 5.4 millones de toneladas anuales de metano y un potencial de generación de energía eléctrica de 2,645 a 5,447 MW. Al 30 de septiembre de 2007, en México existían 23.3 millones de cabezas de ganado bovino, localizadas principalmente en los estados de Veracruz, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Sonora, Durango y Tamaulipas, que juntas concentraron el 47.8% del total nacional.

Algo que se puede pensar de esta información es que el número bio-digestores instalados en el país no corresponde a la cantidad de granjas existentes. Pero lo más importante es que se hace mención de “miles de unidades de producción” de las que ni siquiera se tiene registro y que podrían utilizar biogás para autoconsumo.

Pero un biodigestor no es un tema sencillo de abordar para todas esas granjas de las que no se tiene registro, y parte de esa afirmación es porque no todos los gobiernos municipales toman acciones que obliguen a los ganaderos a tratar sus residuos. Y este problema es porque podemos encontrar un gran número de “micro granjas” que, aparentemente, no generan un volumen importante de residuos. Esta realidad es la que explica que no sea atractivo, a nivel particular, implementar un biodigestor; y por otro lado eso representa un problema para las propias autoridades sanitarias.

Por ejemplo, la Tabla 08 nos muestra un dato revelador de un censo realizado en la comunidad de Chipilo de Francisco Javier Mina. Si lo analizamos de un modo pragmático, no existe evidencia de que para algún usuario sea viable la implementación de un biodigestor y pensar en producir energía de un modo rentable.

TABLA 08. Censo de Granjas Chipilo de Francisco Javier Mina

Código	Cant. Ganado	Área Libre Aprox. en m2	Terreno en m2
EM37-30P02	70	200	5230
EM37-27PD04	65	50	4343
EM37-26PO1	30	30	1415
EM37-23P03	80	200	9673
EM37-21P01	150	150	5646
EM37-17P03	100	200	2649
EM37.14P01	55	832	2708
EM37-09P02	25	100 (Establo Conjunto)	1966
EM37-07P01	130	100	1925
EM37-63PO1	50	30	1900
EM37-65PO1	25	100 (Establo conjunto)	617
EM37-60P01	60	70	1575
EM37-36P01	30	No disponible	350
EM06-25P01	40	50	593
EM37-05P02	200	150	3600
EM37-74P02	200	200 /predio Anexo	8267
EM 14- 5 P02	100	200	4388



Cabe hacer la aclaración que en el documento de “Dueñas Berra 2015” se afirma que, de modo particular, se pueden utilizar dichos residuos para “generar calor o energía eléctrica” y lo que se plantea en este documento es totalmente opuesto, al menos en lo que energía eléctrica se refiere. Y quizás sea que en dicho documento lo que se propone no incluye el concepto de interconexión, y con ello todo lo que esta acción implica. En todo caso la pretensión NO es afirmar que el propósito de esa Tesis sea irreal.

c) Aguas residuales

Existe el dato de que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en el año 2011 *había otorgado cinco permisos para generar energía eléctrica con biogás por medio de tratamiento de aguas residuales municipales; tres de ellos en la modalidad de autoabastecimiento:*

- Guanajuato con un permiso;
- Nuevo León con dos permisos; y
- Querétaro en modalidad de cogeneración; y
- Jalisco en modalidad de cogeneración.

Todos ellos con una capacidad instalada de de 16.4 Mwp y una producción estimada 94.9 GWh/año. (CRE, 2016)

2.5.4 ¿Por qué el Biogás?

En la actualidad la mayor fuente de energía son los combustibles fósiles. Dichos combustibles y sus derivados son los responsables de generar en su mayoría los gases de efecto invernadero. Lo anterior junto al acelerado uso y agotamiento de las reservas existentes nos hace pensar en alternativas para el futuro.

El biogás es un producto que se obtiene a partir de la descomposición de la biomasa, pero es justo decir que la mayor producción de energía en el país en relación a la biomasa se obtiene de la quema directa. A la quema directa de la biomasa también se le define como energía renovable, sin embargo, dicho término no significa que sea necesariamente amigable con el medio ambiente. Es decir, la quema directa produce una cantidad importante de elementos como nitrógeno (N₂), dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), oxígeno (O₂ no utilizado en la combustión), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógenos (NO_x), dióxidos de azufre (SO₂), in-quemados (combustible sin terminarse de quemar), hollín y partículas sólidas que concentradas en un lugar resultan contaminantes. A diferencia del biogás, no necesita de tratamientos previos y quizás por ello es que sea más atractivo para el gobierno brindar apoyos a dicha tecnología. Sin embargo desde una óptica racional, únicamente resolvemos el problema de producción de energía; pero de ese se siguen dispersando partículas en el ambiente cercano.

Una estimación de producción de biogás señala que, en 2010, en el mundo se generaron de 284.72 Twh, que representó un crecimiento anual de 13.5%. Los principales países productores de energía a base de biogás son:



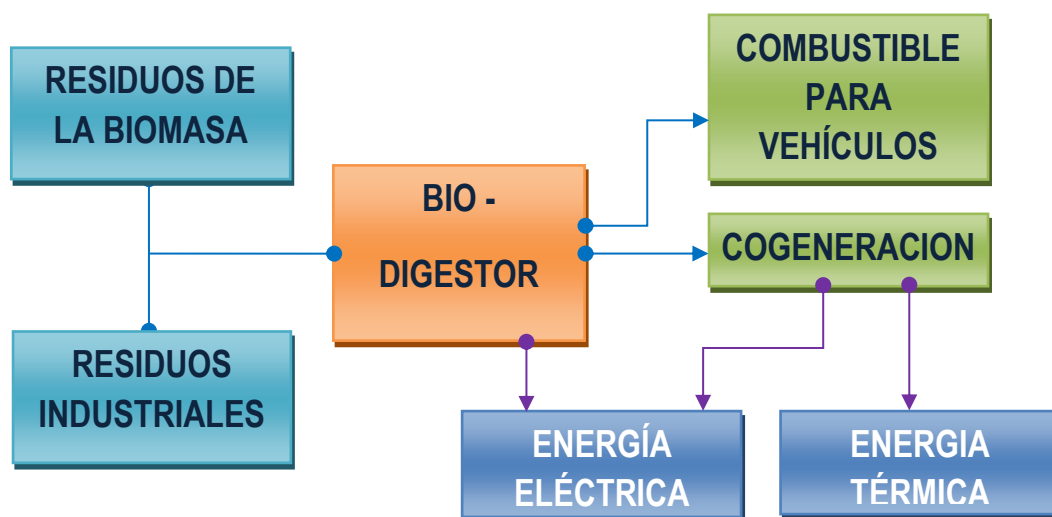
- Alemania;
- Japón;
- Estados Unidos de América;
- Italia;
- Dinamarca;
- Polonia; y
- Australia.

Se estima que en China 50 millones de hogares consumen biogás y en India se construyeron durante 2010, 60,000 pequeños bio-digestores, para sumar un total de 4.3 millones en ese país. (*International Energy Agency, 2010*)

Resulta sencillo visualizar que los principales productores de energía correspondan a países del primer mundo. Y esto solo significa que países como el nuestro tienen una extraña (y obsesiva) dependencia de tecnología. El tema de México no es (aún) por falta de recursos naturales sino por la debilidad de nuestra moneda y los costos que implica importar tecnología. Y esto último, si tomamos en cuenta que tenemos universidades, industria y recursos varios, quizás sea solo cuestión de voluntad para resolverlo.

Se ha mencionado que es relativamente fácil encontrar fuentes que nos permitan obtener biogás. En la medida que una sociedad crece en número, se producen más residuos y en consecuencia aumentamos la cantidad de materia disponible para la generación de biogás; esto es que dentro de dichas materias encontramos a los residuos animales y humanos, aguas residuales de las industrias (producción de alcohol, procesado de carnes, frutas, verduras, lácteos, y en general al sector alimenticio) y rellenos sanitarios. En el Diagrama 04 se ilustra la obtención y usos posibles del biogás.

Diagrama 04. Obtención y Usos del Biogás



Elaboración Propia.



En particular se estudiarán los residuos del ganado vacuno. Su potencial para la producción del biogás no es demasiado alto, debido a su alto contenido en nitrógeno y a su excesiva liquidez para el proceso. Sin embargo, por su poder contaminante del suelo y tomando en cuenta la abundancia del recurso; así como la ausencia de acciones gubernamentales para su tratamiento eficiente, los residuos ganaderos pudieran representar la fuente de recursos más significativa para la generación de biogás.

Para un adecuado diseño debemos considerar los datos de la Tabla 09:

TABLA 09. Obtención de Residuos por Tipo de Ganado.

Especie	Peso vivo	Kg Estiercol/día	L/kg.s.v.	% CH4
Cerdos	50	4.5 – 6	340 – 550	65 – 70
Vacunos	400	25 – 40	90 – 310	65
Equinos	450	12 – 16	200 – 300	65
Aves	1.5	0.06	310 – 620	60
Caprinos	40	1.5	110 – 290	--

Elaboración Propia, Fuente: (García Ovando, 1986)

2.5.5 Métodos de Obtención de Biogás

Para hablar de obtención de biogás debemos remitirnos al concepto de digestión anaerobia (sin oxígeno).

La principal característica de la bio-digestión es la existencia un número de fases de degradación del material orgánico en las cuales intervienen principalmente 5 grandes poblaciones de microorganismos:

- 1) *Bacterias hidrolíticas-acidogénicas;*
- 2) *Bacterias acetogénicas;*
- 3) *Bacterias homoacetogénicas;*
- 4) *Bacterias metanogénicas hidrogenófilas;*
- 5) *Bacterias metanogénicas acetoclásticas.* (Pavlostathis & Giraldo-Gomez, 1991)

En este proceso las poblaciones de bacterias tienen la peculiaridad de presentar diferentes velocidades de crecimiento y, diferente sensibilidad a cada compuesto intermedio como inhibidor. En otras palabras, *cada etapa presentará diferentes velocidades de reacción según la composición del sustrato y que el desarrollo estable del proceso global requerirá de un equilibrio que evite la acumulación de compuestos intermedios inhibidores o la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV), que podría producir una bajada del pH. Para la estabilidad del pH es importante el equilibrio CO₂-bicarbonato.*



Para la digestión anaerobia interviene la propia naturaleza y composición (bioquímica) de las materias primas que permiten el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico. El manual del Biogas dice que *este proceso microbiológico requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores)*. Para ello se debe tener en cuenta la procedencia de los residuos:

TABLA 10. Obtención de Residuos por Tipo de Ganado.

Residuos de origen animal	Estiércol, orina, guano, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescados.
Residuos de origen vegetal	Malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado.
Residuos de origen humano	Heces, basura, orina.
Residuos agroindustriales	Salvado de arroz, orujos, coquetas, melazas, residuos de semillas.
Residuos forestales	Hojas, vástagos, ramas y cortezas.
Residuos de cultivos acuáticos	Algas marinas, jacintos y malezas acuáticas.

Elaboración Propia, Fuente: (Varnero & Arellano, 1991)

Para hacer posible algunas reacciones es necesaria la asociación entre bacterias (acetogénicas y metanogénicas), creando agregados de bacterias de estas diferentes poblaciones. Lo anterior implica que las puestas en marcha de los reactores puedan ser lentas.

De acuerdo al “manual del biogás” es importante resaltar lo siguiente: *“en las primeras fases del proceso de digestión aeróbica, cuando una población de microorganismos se pone en contacto con una fuente ilimitada de sustrato, los microorganismos se reproducen con una tasa de crecimiento poblacional logarítmico que sólo está limitada por su propia habilidad de reproducirse. La tasa de consumo de oxígeno aumenta rápidamente debido a la absorción y asimilación de materia orgánica para la síntesis de nueva masa protoplasmática.*

A medida que progresa la oxidación de la materia orgánica disponible, la tasa de crecimiento bacteriano empieza a disminuir. Las fuentes de carbono orgánico disponibles se hacen limitantes, y por consiguiente, también se presenta una disminución en la tasa de consumo de oxígeno. Cuando la cantidad de materia orgánica disponible es apenas suficiente para garantizar la subsistencia de las distintas especies de microorganismos, éstos comienzan a auto-oxidarse mediante su metabolismo endógeno”. (FAO, 2011)

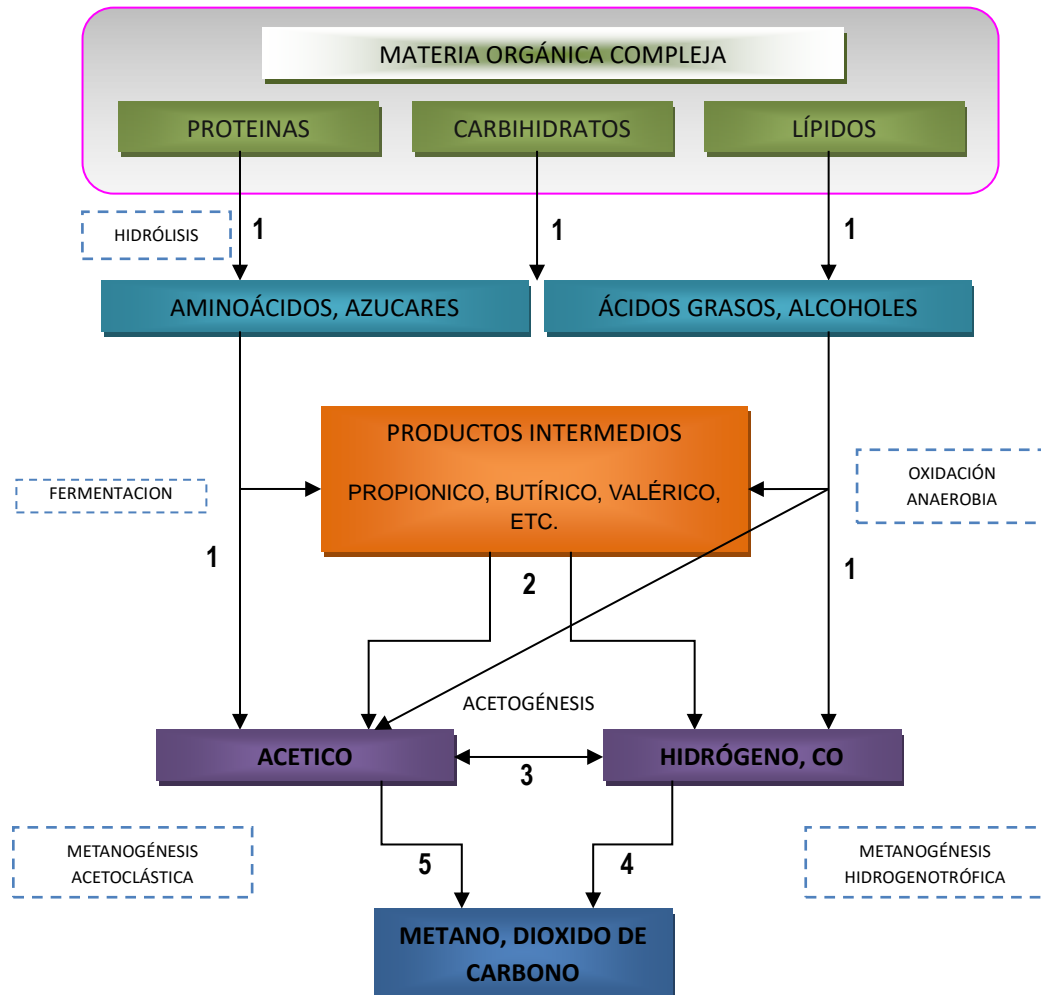
En general, se puede entender que la biodigestión está dividida en etapas. En el mismo documento se mencionan las siguientes:



- *Hidrólisis;*
- *Etapas de fermentación (o acidogénica);*
- *Etapas acetogénica; y*
- *Etapas metanogénica.* (Ver Diagrama 05)

Entendiendo esas etapas en un escenario real, podemos decir que la materia que se vierte al biodigestor son propiamente excretas de ganado mezcladas con agua. En cualquier documento que explique el tema, siempre se hace mención de los factores condicionantes para la bio-digestión y uno de ellos es la temperatura y para aumentar la velocidad del proceso se pueden implementar precalentamientos o la reducción del tamaño de partículas que aceleran el tiempo de la bio-digestión.

Diagrama 05. Esquema de Reacciones de la Digestión Anaeróbica de Materiales



Elaboración Propia Fuente: (Pavlostathis & Giraldo-Gomez, 1991)



Los tratamientos desempeñan un papel importante para aumentar la degradación de los residuos a “digerir anaeróbicamente” y de esta forma aumentar la producción de biogás disminuyendo el tiempo de producción. Estos dos efectos influyen de forma directa sobre el balance económico de la planta de biogás. Algunos tratamientos permiten además obtener una mayor calidad higiénica la digestión, reduciendo riesgos para la salud humana o animal.

De acuerdo al documento “*Situación y potencial de generación de biogás. Estudio Técnico PER 2011-2020*”, las tecnologías de pre-tratamiento se pueden clasificar en mecánicas, térmicas, químicas y biológicas. Se describen como se menciona en documento:

- *Tratamientos mecánicos: con esta tecnología se trata principalmente de reducir el tamaño de partícula, aumentando así la superficie específica del material, de manera que se consiga eventualmente una mayor solubilidad de la materia orgánica y una mayor biodisponibilidad de la misma. Las tecnologías disponibles incluyen la maceración, trituración, homogeneización a alta presión, etc.*
- *Tratamientos térmicos: el objetivo de los tratamientos térmicos es doble. Por una parte, facilitar la degradación de algunas macromoléculas y solubilizar la materia orgánica (aumento de la biodisponibilidad) y por otra parte, y dependiendo de la temperatura y el tiempo, higienizar la materia orgánica para reducir o eliminar microorganismos indeseables. Existen diversas tecnologías que se diferencian en la forma de aplicar el calor; los pasteurizadores suelen aplicar el calor por conducción (recipientes encamisados por ejemplo), y otros métodos incluyen el uso de corrientes de vapor y/o de altas presiones.*
- *Tratamientos químicos: al igual que en el caso de los tratamientos térmicos, el objetivo de los tratamientos químicos es romper las macromoléculas poco biodegradables mediante la adición de compuestos químicos tales como ácidos o bases fuertes, o mediante otros métodos como la ozonización. Los pre-tratamientos químicos también pueden tener otros objetivos, como el ajuste de pH en el caso de sustratos ácidos, o el aumento de la capacidad tampón.*
- *Tratamientos biológicos: en este tipo de tratamientos se consigue la degradación de determinados compuestos mediante la inoculación con bacterias específicas o la adición de enzimas. El ensilado se considera también un pre-tratamiento biológico, ya que se trata de una fermentación ácido-láctica, aunque de tipo inespecífico. El objetivo principal del ensilado es la conservación del material, ya que normalmente se aplica a sustratos vegetales que se cosechan una o dos veces al año, aunque en algunos casos se consigue también un aumento de la productividad de biogás, puesto que en el proceso de ensilado se produce una hidrólisis de las macromoléculas. (IDAE, 2011)*

Lo anteriormente descrito nos lleva a plantearnos en la cantidad de biogás que cada usuario puede producir. Por ejemplo: Varnero y Arellano, 1991 nos menciona que una cabeza de ganado bovino puede generar 0.40 m³ al día. Y ese es un número a tomar en cuenta para el dimensionamiento del biodigestor.



TABLA 11. Producción de biogás por tipo de residuo animal.

Tipo de Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m3/kg húmedo	m3/día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Elaboración Propia, Fuente: (Varnero & Arellano, 1991)

TABLA 12. Producción de biogás a partir de residuos vegetales.

Tipo de Residuo	Cant. Residuo Ton/Ha.	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m3/Ton	M3/Ha
Cereales (paja)				
Trigo	3.3	123:1	367	1200
Maíz	6.4	45:1	514	3300
Cebada	3.6	95:1	388	1400
Arroz	4.0	58:1	352	1400
Tubérculo (Hoja)				
Papa	10.0	20:1	606	6000
Hortalizas (Hoja)				
Tomate	5.5	12:1	603	3300
Cebolla	7.0	15:1	514	3600
Leguminosa (paja)				
Habas	4.0	29:1	608	1400

Elaboración Propia, Fuente: (Varnero & Arellano, 1991)

Cualquiera de los residuos de las Tablas 11 y 12 se incorporan al bio-digestor diluidos. En lo particular, la cantidad de agua a agregar dependerá de la cantidad de sólidos totales de las excretas frescas y del tipo de carga, es decir, si se opera con cargas diarias (semi continuas) o con sistemas estacionarios (discontinuos). En la Tabla 13 se muestra la mezcla ideal entre purines y agua

TABLA 13. Mezcla Purines - Agua.

Tipo animal	Estiércol: Agua
Bovino	1:3
Porcino	1:9
Aves	1:9

Elaboración Propia. Fuente: (FAO, 2011)



El tamaño del digestor está en función de las cargas diarias y del periodo óptimo de fermentación en lo cual influyen los tratamientos. Este último parámetro dependerá de la temperatura media de cada región, así como de las variaciones de temperaturas diarias y estacionales. Es decir, en la medida que el lugar en donde se propone construir un bio-digestor tenga una temperatura “media” elevada, menos dependiente será de tratamientos.

2.6 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Una pregunta muy válida, hablando de emisiones de gases de efecto invernadero, sería ¿Qué tan amigable es quemar gas metano si lo comparamos con el modo que se produce la energía en México? De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010, en el apartado de Energía, de las emisiones de CO₂ por tipo de combustible en 2010, se observa que *el consumo de gasolina y gas natural representan la mayor contribución a las emisiones de esta categoría, 25.4% (102,755 Gg) y 31.0% (125,568 Gg), respectivamente. Les siguen en importancia el diesel y combustóleo, que aportan 14.7% (59,382 Gg) y 9.8% (39,639 Gg), respectivamente, y el restante 20% corresponde al carbón, coque de carbón, coque de petróleo, gas licuado del petróleo (GLP) y querosenos. Para 2010 las emisiones de GEI en unidades de CO₂ generadas en la categoría de Energía provinieron del transporte (1A3), que contribuyó con 33.0% (166,412.0 Gg); industrias de la energía (1A1), 32.3% (162,969.2 Gg); manufactura e industria de la construcción (1A2), 11.3% (56,740.8 Gg); emisiones fugitivas (1B), 16.5% (83,119.8 Gg), y otros sectores (1A4) (comercial, residencial y agropecuario), 6.9% (34,575.8 Gg). En la subcategoría de emisiones fugitivas de metano para el periodo 1990-2010, las emisiones tuvieron un crecimiento de 78.4%, equivalente a una TCMA de 2.9%, al pasar de 46,603.5 Gg de CO₂ eq. en 1990 a 83,119.8 Gg de CO₂ eq. en 2010.*

En este último año, la participación de las actividades de la industria de petróleo y gas fue de 92.1% (76,562.9 Gg) y la del proceso de minado y manejo del carbón, 7.9% (6,556.9 Gg), mientras que en 1990 sus respectivas contribuciones fueron 94.9% y 5.1%.

Hablando en específico del sector de la Energía Eléctrica tenemos que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para la generación de energía tiene la siguiente tendencia:

TABLA 14. Consumo para generación eléctrica (Tg de CO₂)

Emisiones de CO ₂	1990	2000	2010
Carbón	7.050	16.971	29.922
Diesel	1.144	1.844	1.080
Combustóleo	50.504	73.115	28.886
Gas natural	8.021	18.609	54.986
Total	66.719	110.539	114.873



Tabla 15. Consumo para generación eléctrica (Gg de CO)

Emisiones de CO	1990	2000	2010
Carbón	0.684	1.647	2.905
Diesel	0.250	0.402	0.236
Combustóleo	9.891	14.319	5.657
Gas natural	6.610	15.336	45.312
Total	17.435	31.704	54.110

Tabla 16. Consumo para generación eléctrica (Gg de CH4)

Emisiones de CH4	1990	2000	2010
Carbón	0.053	0.128	2.905
Diesel	0.014	0.023	0.236
Combustóleo	0.593	0.858	5.657
Gas natural	0.863	2.000	45.313
Total	1.523	3.010	6.489

Tabla 17. Consumo para generación eléctrica (Gg de Nox)

Emisiones de NOX	1990	2000	2010
Carbón	28.897	69.561	122.645
Diesel	0.030	0.048	0.028
Combustóleo	112.094	162.280	64.114
Gas natural	22.561	52.341	154.654
Total	163.581	284.230	341.441

Tabla 18. Consumo para generación eléctrica (Gg de N2O)

Emisiones de N2O	1990	2000	2010
Carbón	0.122	0.293	1.485
Diesel	0.001	0.001	0.001
Combustóleo	0.198	0.029	0.011
Gas natural	0.014	0.033	0.098
Total	0.335	0.356	1.595

Tabla 19. Consumo para generación eléctrica (Gg de NMVOC)

Emisiones de NMVOC	1990	2000	2010
Carbón	0.380	0.915	1.614
Diesel	0.078	0.126	0.074
Combustóleo	3.298	4.773	1.886
Gas natural	0.718	1.667	4.924
Total	4.474	7.481	8.498



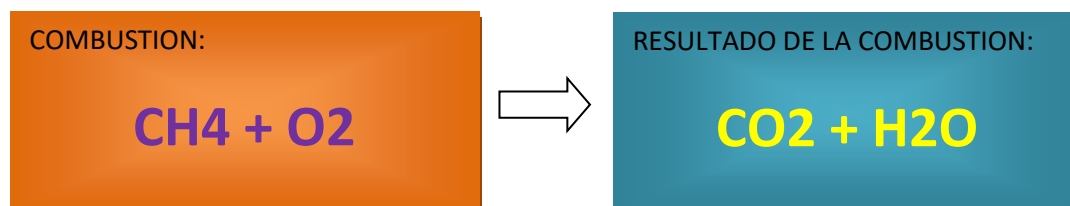
Tabla 20. Consumo para generación eléctrica (Gg de SO2)

Emisiones de SO2	1990	2000	2010
Carbón	83.580	191.320	332.646
Diesel	3.468	5.650	3.495
Combustóleo	1280.027	1839.778	694.032
Gas natural	2.029	5.146	14.988
Total	1369.103	2041.895	1035.160

Elaboración Propia. Fuente: (INECC, 2005)

La composición del metano es relativamente fácil de entender, está compuesta de una molécula de carbono por cuatro de hidrógeno, de esta idea es fácil visualizarlo como al hidrocarburo más sencillo que existe. Un elemento vital para la combustión es el oxígeno con el que se produce una reacción que genera dióxido de carbono y agua.

Diagrama 06. Reacción Metano - Oxígeno



Elaboración Propia.

El biogás es una mezcla de gases compuesta, principalmente, de metano y dióxido de carbono, así como diversas impurezas (Ver Tabla 21). La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso; de cualquier modo éste debe filtrarse previo a que se envíe al motor de combustión. *Si la composición del biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.* (FAO, 2011)

Tabla 21. Características generales del Biogás.

Características generales del Biogás.	
Composición	55 – 70% metano (CH4) 30 – 45% dióxido de carbono (CO2) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH4 mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Masa molecular	0.656 kg/m ³
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

Elaboración Propia. Fuente: (Deublein & Steinhauser, 2008)



De acuerdo a Green Facts el gas metano contribuye al efecto invernadero. Y en ese sentido es importante mencionar que el metano es un compuesto que contribuye 21 veces más (en proporción 1:1) con respecto al CO₂ al calentamiento de la tierra, solo que es menos abundante.

Uno de los motivos por los que se puede aseverar que hacen documentos con tanta obsesión para estudiar a los residuos ganaderos como fuente de obtención de metano (para generar energía), es que más del 50% corresponden, precisamente, a la ganadería y hasta el 30% provienen a partir del cultivo de arroz.

El efecto resultante de los diferentes gases liberados a la atmósfera es variable, cada uno tiene un factor que representa una medida de su potencial para el calentamiento global, en comparación con el dióxido de carbono (CO₂) que se utiliza como “gas de referencia” (Tabla 22). *El CO₂ equivalente de gases de efecto invernadero se puede calcular multiplicando el potencial de efecto invernadero en relación con la masa del gas respectivo. Indica la cantidad de CO₂ que produciría el mismo efecto invernadero en 100 años.*

Tabla 22. Potencial de Calentamiento Global GEI

Tipo de Gas	Potencial de calentamiento
Dióxido de Carbono (CO₂)	1.00
Metano (CH₄)	21.00
Óxido Nitroso (N₂O)	310.00
Fluorocarburos	23,900.00
Clorofluorocarbonos	9,200.00
Hexafluoruro de azufre	11,700.00

Elaboración Propia. Fuente: (GreenFacts, 2018)

Si aterrizamos la información presentada se puede ver que, desde el punto de vista ambiental, se “justifica” utilizar biogás para la generación de energía debido a que es menos contaminante.

Solo que se debe resaltar el hecho de que la energía en el país no solo se produce con hidrocarburos, sino que también existen otras formas de producir energía y sin necesidad de generar GEI. En las siguientes tablas (23 y 24) se puede observar la generación de energía en México y a partir de que se está generando.

Tabla 23. Capacidad efectiva (MW) con Hidrocarburos

Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gas	13 759	12 711	12 671	12 641	12 641	12 671
Ciclo Combinado	4 776	5 005	5 203	5 416	5 456	6 115
Turbo Gas	2 444	2 225	2 103	1 958	1 991	1 715
Combustión Interna	153	182	182	217	216	216
Total	21,132	20,123	20,159	20,232	20,304	20,717



Tabla 24. Capacidad efectiva (MW) con Fuentes Alternas

Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Hidroeléctrica	10264	10270	10285	11055	11055	11095
Carbo eléctrica	2600	2600	2600	2600	2600	2600
Dual 2/	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Nucleoeléctrica	1365	1365	1365	1365	1365	1365
Geo termoeléctrica	960	960	960	960	965	965
Eolo eléctrica	10264	10270	10285	11055	11055	11095
Total	17291	17297	17312	18165	18170	18210

Elaboración Propia. Fuente: (CFE, 2009)

Es necesario aclarar que hacer una comparativa de cuantos gases de efecto invernadero se producen utilizando biogás en relación al modo en que se genera la energía en el país puede tener un resultado que pueda interpretarse de muchas maneras. Si nos referimos estrictamente a emisiones de GEI, se puede afirmar que la utilización de biogás es conveniente únicamente si la comparamos con respecto al uso de hidrocarburos. Por el contrario si hablamos de plantas hidroeléctricas, por ejemplo, hablamos de que las emisiones son nulas.

Pero sucede que en general ningún tipo de tecnología se libra de ocasionar, en parte, algún daño al ambiente. Por decir, si nos referimos a las hidroeléctricas hablamos de que éstas necesariamente hacen un daño al territorio en donde se instalan: provocan el cambio de caudales; en general la producción de esas energías no son para beneficiar a la población del sitio; se hacen cambios de uso de suelo; las obras complementarias para reubicar a la población no son precisamente las más adecuadas; se mueren especies endémicas; el daño social es importante o son detonantes urbanos. En otras palabras, no se puede afirmar que una tecnología es más conveniente que otra de un modo tan sencillo, pero al menos se puede hacer un estudio que dé como resultado el menor daño al ambiente.

En la tabla 25 se presentan datos de producción de biogás por M3 de residuos y la correlación del total de emisiones que se pueden evitar.

Tabla 25. Correlación entre Energía Generada y Emisiones GEI

Residuos	Biogas (m3 o Tm)	Energía (Kwh/m3 ó Tm)	Emisiones Evitadas	Gestión de Estiercoles	Total de Emisiones
<i>Purines</i>	10.82	30.30	10.18	162.30	172.48
<i>Estiercol y Gallinaza</i>	36.46	102.09	34.30	73.00	107.30
<i>Residuos Agroindustriales</i>	76.56	214.37	72.03	0.00	72.03
<i>Harinas</i>	469	1,313.20	441.24	0.00	441.24
<i>Glicerinas</i>	686	1,921	645	0.00	645

Elaboración Propia: Fuente: (Olaya, 2006)



2.7 Ciclo de vida del Biogás

Para entender a la “Rentabilidad de Energía con el uso de Biogás” debemos primero entender de raíz los siguientes conceptos:

- Biocombustibles
- Energía (eléctrica)
- Rentabilidad.

Como se ha mencionado, de origen, cada uno de esos conceptos pertenece a disciplinas muy distintas y quizás por ello es que resulta complicado para un gobierno como el nuestro visualizar y proyectar programas de manera coherente. Es decir los apoyos existen y están considerados en cada ejercicio fiscal pero, en algún punto la estrategia para impulsar la aplicación y desarrollo de tecnologías así como la eficiente explotación de recursos, desde un punto de vista personal, no da resultados.

Por principio de cuentas sería pertinente definir el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del Biodigestor. Si bien es cierto que la principal función es la de medir el impacto ambiental en la elaboración de un producto, también es cierto que nos da la pauta para definir los alcances de la rentabilidad (Económico - Financiera).

Este ciclo de vida de modo particular incluye:

- Extracción y adquisición de la materia prima;
- Producción de materia y energía;
- Uso;
- Tratamiento;
- Reutilización de residuos después de la biodigestión; y
- Destino final.

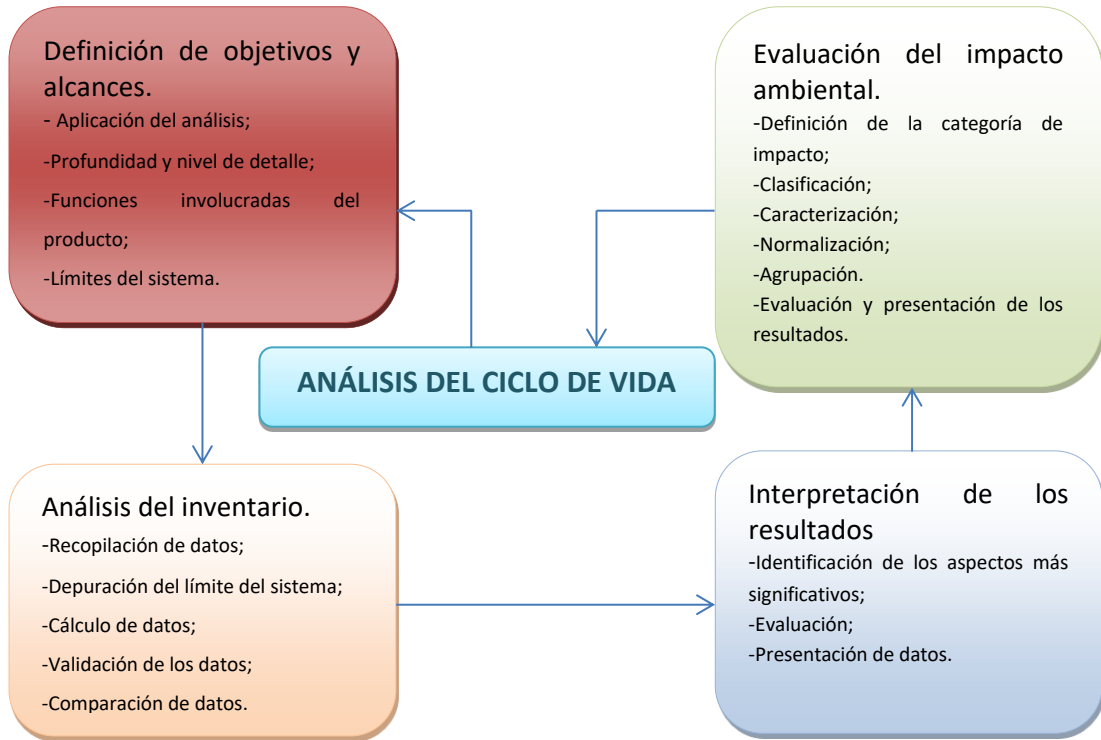
A partir de la obtención de estos datos detallados para la obtención de un producto, es que podemos detectar el impacto ambiental potencial (en la salud humana, el uso de recursos y las consecuencias ecológicas).

La digestión anaerobia es una tecnología que ha sido ampliamente investigada para el tratamiento de diferentes residuos orgánicos y que permite además el aprovechamiento del gas como una alternativa energética. Esta tecnología, además de ser factible desde el punto de vista técnico, puede resultar conveniente desde el punto de vista económico, ya que es un proceso simple con una infraestructura relativamente sencilla.

La evaluación de la variable ambiental también es necesaria ya que el nivel de aceptación social depende en gran parte de esta variable, sobre todo si tomamos en cuenta que lo que de algún modo se está sugiriendo es la unión de esfuerzos por parte de ganaderos y autoridades.



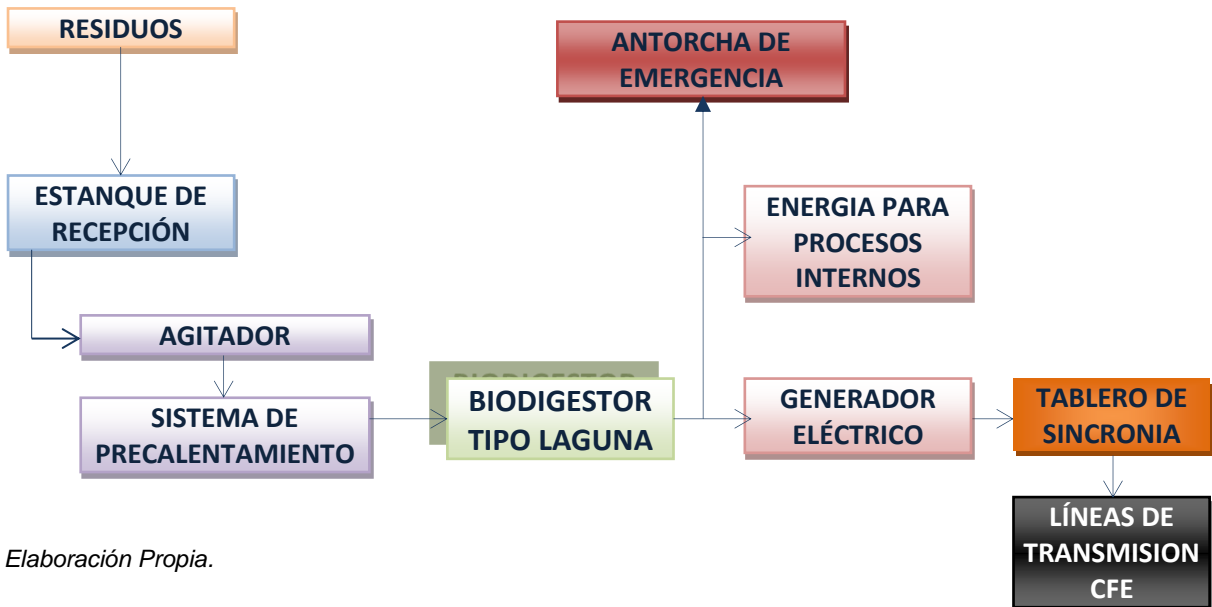
Diagrama 07. Análisis de Ciclo de Vida



Elaboración Propia.

Una vez que tenemos claro nuestro análisis también es importante tener una idea adecuada de lo que sucede dentro del proceso de generación de energía; desde la recolección de residuos hasta la propia interconexión a la red de la C.F.E. Para ello el siguiente esquema nos dará un panorama de lo que sucede en un biodigestor tipo laguna.

Diagrama 08. Esquema de Generación de Energía con el uso de un Biodigestor tipo Laguna

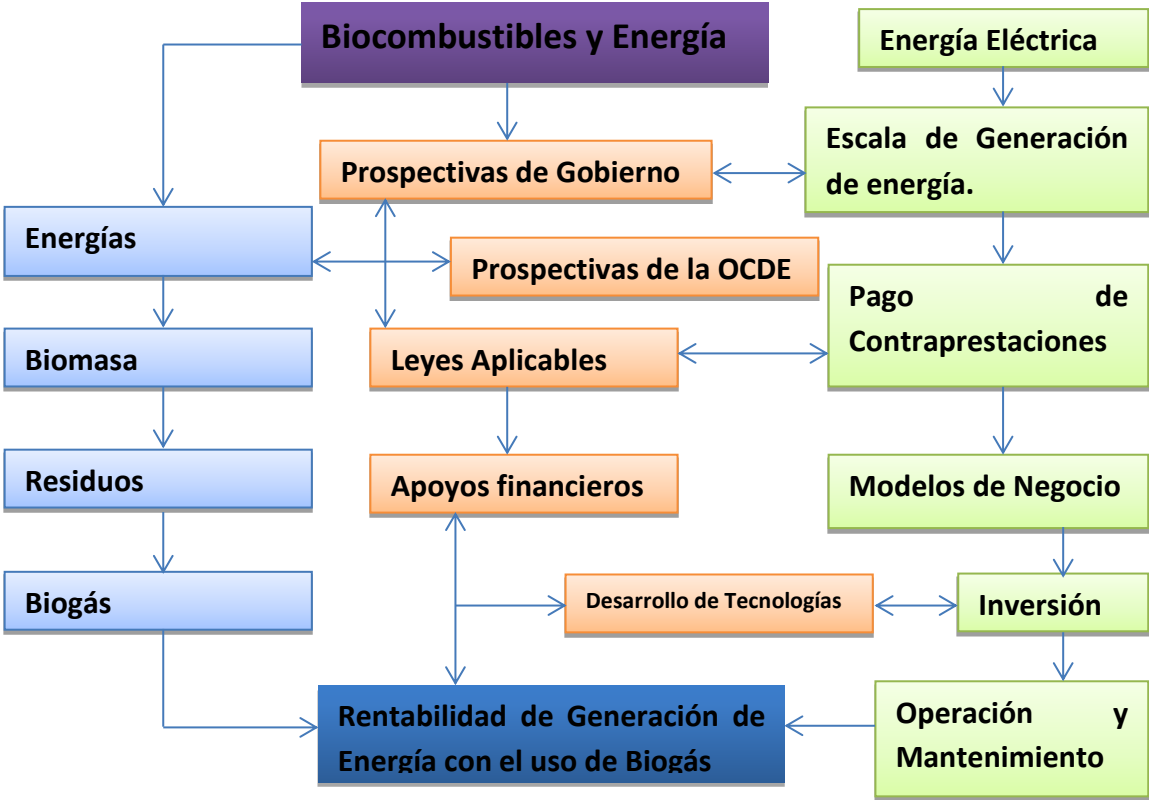


Elaboración Propia.



Pero fuera del tema ambiental y técnico, el tema económico siempre ha resultado ser el tema importante para el usuario que invierte una cantidad de dinero en una tecnología. Por ello hablar de “negocio” y “sustentabilidad” no es una tarea fácil, entonces resulta necesario visualizar desde todos los ángulos cada uno de los temas.

Diagrama 09. Esquema de Modelo de Negocio para Generación de Energía



Elaboración Propia.



Conclusiones del capítulo 2

La biomasa representa uno de los recursos renovables más abundantes, puesto que representa a toda la materia orgánica (viva o muerta). Los residuos biológicos pueden ser usados como fuente de generación directa de energía (calor); también mediante la aplicación de procesos se pueden obtener bio-combustibles o incluso, como un subproducto, podemos obtener energía eléctrica.

El biogás no es un tema nuevo, sin embargo es muy cierto que nos hace falta mucho por avanzar como país teniendo en cuenta que únicamente explotamos aproximadamente un 1.7% del potencial disponible (únicamente de recursos de la ganadería). Desafortunadamente no es únicamente un tema de disponibilidad de recursos, los procesos para producir biogás están por demás estudiados; por ello podemos concluir que el rezago que tenemos está más allá de un método de obtención de biogás.

Como se ha mencionado anteriormente, la cuestión es que tenemos tarifas de energía en el sector agrícola que hacen que la posibilidad de implementar tecnologías sea un tema sin sentido. Puede ser cuestionable proponer que los subsidios son un lastre para el desarrollo tecnológico – en el tema energético – pero una realidad es que con todo y subsidios los campesinos no viven de un modo más digno y por otro lado los precios de la producción agrícola no se nota en el bolsillo de la población.

Lo anterior reduce un tanto el nicho de oportunidad en el que puede ser rentable un sistema de generación de energía y en el transcurso de este documento se intentará determinar, en un principio, a donde puede ser dirigida la implementación de este sistema y que nos dé un beneficio que lo estimule.



3 Leyes Aplicables a la Generación de Energía en México.

3.1 Introducción

Para entender acerca de las reformas impulsadas en nuestro país, es necesario saber cuál es el significado de una política pública. Ives Mény y Jean-Claude Thoenig, establecen que el estudio de políticas públicas no es otra cosa que el estudio de la acción de las autoridades públicas en el seno de la sociedad (*Meny & Thoenig, 1989*). Un similar concepto lo ofrecen Cochran y Malone, al sugerir que la política pública es el estudio de las decisiones y acciones del gobierno diseñadas para tratar asuntos del interés público (*Cochran & Malone, 1999*). Entonces el concepto de política pública nos remite a una acción, actividad o responsabilidad del gobierno con la finalidad de atender un asunto de interés público, es decir, es una acción planeada de la autoridad para abordar un tema orientado al bienestar social.

Para el tema en particular “el biogás”, desde hace años se han mostrado intentos por parte del Gobierno para atender un tema tan importante en la vida nacional como el suministro de energía eléctrica con fuentes alternativas. Sin embargo puede resultar un contrasentido que por un lado se tenga la intención de apoyar el desarrollo de “energías limpias” y que por otro nuestra economía esté planeada, a corto y mediano plazo, con una dependencia tan fuerte del petróleo.

En las reformas promovidas (en 2014) por el Presidente de la República, tenemos que se propuso la iniciativa de una Ley de la Industria Eléctrica, en la cual se prevén modificaciones en las actividades de la propia industria, pues la generación y comercialización quedan abiertas, bajo supuestas condiciones de competencia y libre concurrencia para empresas generadoras. A dichas empresas se les faculta el hecho de poder vender su energía en el mercado eléctrico mayorista. Por su parte la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se transforma en una empresa que suministrará, al igual que las otras, energía eléctrica. La transmisión y distribución de la energía eléctrica, seguirá a cargo de la Comisión Federal de Electricidad.

Con dichas reformas, la entidad encargada de regular la participación y competencia de dichas empresas, sería el Centro Nacional de Control y Energía (CENACE), quien tendrá la encomienda de controlar el Sistema Eléctrico Nacional y el acceso abierto a las redes eléctricas (DOF, 28/08/2014). Es decir, la CFE queda como un mero suministrador del servicio.

En lo referente a la comercialización de energía eléctrica, se prevé que la Comisión Federal de Electricidad promueva el suministro básico, bajo tarifas reguladas; sin embargo, los "grandes usuarios" podrán comprar su energía a "suministradores de servicios calificados" o adquirirlos directamente, en el Mercado Eléctrico Mayorista, o bien, de comercializadoras.



Las tarifas serían de dos tipos, las de "servicio básico", que serían fijadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y las que se negocien libremente, entre generadoras y usuarios.

Los llamados "usuarios calificados" y las "empresas de suministro eléctrico", deberán adquirir "Certificados de energías limpias". Dichos certificados acreditarán, la implementación de "mejoras tecnológicas" de las empresas participantes, lo que les facilitaría, interconectarse sin mayor contratiempo a las redes de transmisión.

Ahora bien, en este punto resulta pertinente explicar en qué consiste el término de "usuario calificado" y en su caso determinar hasta donde las propias leyes resultan ser un lastre para la inversión de un sistema de generación de energía.

Es importante mencionar que en el presente capítulo se analizarán las leyes (y sus capítulos específicos) que por su naturaleza intervengan directamente en el tema.



3.2 La Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos

Un concepto que se debe entender con respecto a la Energía Eléctrica es que se encuentra dentro de un área estratégica del País. Esto es que se le considera de una importancia excepcional por razones, como su nombre lo dice, estratégicas. Y ello implica que es una parte esencial para la seguridad nacional, y que además tiene una importancia crucial para el conjunto de la economía. En los *artículos 25, 27 y 28* de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se establece que Corresponde a la Nación la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

A nivel general lo que ahora nos expresa la “*constitución*” es que se excluye del concepto de servicio público la generación eléctrica y que se tiene una proyección de libre competencia en sus productos finales (suministro d energía) y de alguna manera se alienta a la inversión privada. Esto implica sin duda alguna que la CFE debe mejorar su eficiencia, reducir pérdidas (o robo de energía) y disminuir costos. Como se ha mencionado anteriormente, la estructura bajo la que se establecen las tarifas han dado una gama bastante amplia de subsidios y eso, puede desalentar la inversión e innovación. Si bien es cierto que el precio de la electricidad debe disminuir a niveles competitivos, pues resulta esencial para el crecimiento de la industria, también es cierto que las políticas públicas deben ayudar a que esto sea posible.

Entonces tenemos que se abre simultáneamente a la competencia los mercados mayoristas y de menudeo. Sin embargo, bajo este esquema, no resulta realista tener una expectativa de competencia real en el mercado al menudeo antes de que, al menos, muestre resultados favorables el mercado mayorista.

A principios del 2015, la distribución y comercialización de la Energía Eléctrica, debido a la naturaleza del sector estratégico al que pertenece, era mediante un modelo de comprador único (la CFE). La nueva reforma propone un modelo que comprende cinco mercados funcionando a la vez:

- Energía
- Potencia
- Servicios Auxiliares
- Derechos Financieros
- Certificados de Energías Limpias.

Lo anterior significa que en el “Mercado” se venderá y se comprará electricidad al mayoreo como en el caso de las gasolinas, de un momento a otro pueden cambiar. Es decir, la especulación en su máxima expresión y ese es el verdadero riesgo que se corre, puesto que el precio se fijará por el libre juego de la oferta y la demanda.



Entonces podemos reflexionar que si la oferta es mayor a la demanda los precios necesariamente deben bajar, si por el contrario, la demanda es alta y la oferta menor los precios irremediablemente subirán.

Con todo ello no tenemos garantía alguna de que los precios de la energía sean necesariamente más bajos, y muestra de ello es el aumento de los energéticos al sector industrial, solo nos basta investigar el historial de precios de le SENER para entender hacia donde nos lleva todo esto. El tema para bajar los precios de la energía en México no está en el hecho de cómo organizar el suministro y pasar a una libre competencia, si no el utilizar plantas generadoras que utilicen combustibles menos costosos teniendo en cuenta que la mayor parte de las centrales de generación son térmicas (usan hidrocarburos).

La liberación de los precios de los Hidrocarburos en primera instancia tienen la lógica de permitir el aumento de producción y en consecuencia la disminución de sus precios, pero la principal pregunta sería que si el Gobierno tiene la certeza de que nuestros recursos disponibles tienen la capacidad para tener una alta producción de manera constante.

¿Y las Energías Renovables qué papel juegan en todo esto?

De modo simplista se puede aseverar que ante una eventual subida de los precios de la energía eléctrica, un buen camino a tomar sería que a futuro todo aquello que implique generar energía a bajo costo es una buena idea, incluso bajo el esquema de comprador único no era necesario quebrarse la cabeza para dar un impulso importante a las energías renovables. **“Fortalecer a los Micro productores hubiera sido un buen camino”** (o autoabastecimiento como lo cataloga la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica) y no centrarse exclusivamente en los grandes subsidios a los pequeños productores. En la reforma energética se dan las bases para obligar a los usuarios y comercializadores para generar energías mediante la adquisición de certificados de energías limpias. Para ello los estímulos serán definidos por el tamaño de esta participación y la magnitud de la contraprestación correspondiente.

El subsidio debe ser importante si el gobierno tiene una real intención de promover las energías renovables frente a los costos más bajos de plantas eléctricas que usan gas natural, pues como se ha podido ver en tablas anteriores, la tendencia de la generación de energía tiende al uso de este combustible por su precio que en la actualidad es mucho más atractivo.

¿Qué es el modelo Pennsylvania, New Jersey y Maryland (PJM)?

Hablar de modelos económicos no resulta una tarea fácil tomando en cuenta que no es precisamente la labor de un Arquitecto, pero resulta que este dato es relevante en la investigación debido a que nuestro gobierno tiene la intención de adoptar ese modelo en nuestro país. En un documento publicado por el Ing. Roberto Cruz de la PONTIFICIA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE se explica de manera sencilla en qué consiste ese modelo, pero bien vale la pena tener en cuenta los siguientes conceptos.

- Mercado Spot
- Volatilidad de los Precios
- Pagos por Capacidad
- Precios al Consumidor
- Mercado Day-Ahead

¿Cómo influye del Modelo PJM con México?

Sin más, bajo este modelo es que se pretende la operación del Sistema Eléctrico Nacional. Quizás esté fuera de lugar mencionar o sugerir que es un desacierto implementar ese modelo en nuestro país, pero lo cierto es que asumimos un riesgo mayúsculo tomando en cuenta las carencias (ineficiencias) de nuestras líneas de transmisión de energía por un lado, y por otro asumir también la corrupción que hay en el país y que nos deja siempre la duda del punto hasta el que llega y nos termina perjudicando como población. Sobra decir que el precio de nuestra energía es bastante costoso, entre otras cosas, por lo sindicatos, robo de energía, líneas obsoletas, etc. Entonces, antes de implantar un modelo tan sofisticado ¿no sería mejor hacer nuestros procesos de producción de energía más eficientes?

3.3 Ley de la Industria Eléctrica.

La Ley es reglamentaria de los artículos 25, párrafo cuarto; 27 párrafo sexto y 28, párrafo cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Las disposiciones de esta Ley son de interés social y orden público.

Esta Ley tiene los siguientes objetivos:

- Promover el desarrollo de la industria eléctrica;
- Garantizar su operación continua, eficiente y segura;
- Cumplir las obligaciones de servicio público y universal;
- Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

Según el artículo 2, la industria eléctrica comprende *las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista. El sector eléctrico comprende a la industria eléctrica y la proveeduría de insumos primarios para dicha industria. Las actividades de la industria eléctrica son de interés público.*



La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, son áreas estratégicas. Anteriormente ya se ha mencionado el significado de un área estratégica, y por tal motivo el Estado debe mantener la titularidad de su planeación y control, aunque eso no impide que se puedan celebrar contratos con particulares en áreas específicas. La única reflexión a todo ello es que en la medida el Estado empiece a depender cada vez más de terceros en un sector tan sensible como lo es el energético se corre un gran riesgo; al final todo lo que implica la seguridad del país podría convertirse propiamente en las pretensiones de nuestro gobierno: un mercado.

A las energía limpias se las define como *aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan.*

Entre las Energías Limpias se consideran las siguientes:

- a) El viento;
- b) La radiación solar, en todas sus formas;
- c) La energía oceánica en sus distintas formas: maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal;
- d) El calor de los yacimientos geotérmicos;
- e) Los bioenergéticos que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos;
- f) La energía generada por el aprovechamiento del poder calorífico del metano y otros gases asociados en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales, etc.

Artículo 4.- *El Suministro Eléctrico es un servicio de interés público. La generación y comercialización de energía eléctrica son servicios que se prestan en un régimen de libre competencia.*

Las actividades de generación, transmisión, distribución, comercialización y el Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional son de utilidad pública y se sujetarán a obligaciones de servicio público y universal en términos de esta Ley y de las disposiciones aplicables, a fin de lograr el cabal cumplimiento de los objetivos establecidos en este ordenamiento legal. Son consideradas obligaciones de servicio público y universal las siguientes:



I. Otorgar acceso abierto a la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución en términos no indebidamente discriminatorios;

II. Ofrecer y prestar el Suministro Eléctrico a todo aquél que lo solicite, cuando ello sea técnicamente factible, en condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad;

III. Cumplir con las disposiciones de impacto social y desarrollo sustentable establecidas en el Capítulo II del Título Cuarto de esta Ley;

IV. Contribuir al Fondo de Servicio Universal Eléctrico, conforme a lo señalado en el artículo 114 de la Ley;

V. Cumplir con las obligaciones en materia de Energías Limpias y reducción de emisiones contaminantes que al efecto se establezcan en las disposiciones aplicables, y

VI. Ofrecer energía eléctrica, potencia y Servicios Conexos al Mercado Eléctrico Mayorista basado en los costos de producción conforme a las Reglas del Mercado y entregar dichos productos al Sistema Eléctrico Nacional cuando sea técnicamente factible, sujeto a las instrucciones del CENACE.

Artículo 7.- Las actividades de la industria eléctrica son de jurisdicción federal. Las autoridades administrativas y jurisdiccionales proveerán lo necesario para que no se interrumpan dichas actividades.

Lo anterior no implica que se deban omitir la solicitud de permisos que por su propia naturaleza sean responsabilidad de los municipios o gobiernos estatales.

Artículo 12.- La CRE está facultada para:

I. Otorgar los permisos a que se refiere esta Ley y resolver sobre su modificación, revocación, cesión, prórroga o terminación;

II. Determinar las metodologías de cálculo, criterios y bases para determinar y actualizar las contraprestaciones aplicables a los Generadores Exentos y Usuarios de Suministro Básico con Demanda Controlable cuando vendan su producción o reducción de demanda a un Suministrador de Servicios Básicos;

III. Establecer las condiciones generales para la prestación del Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, así como las condiciones generales para la prestación del Suministro Eléctrico, y resolver sobre su modificación.



3.4 El Plan Nacional de Desarrollo.

El artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional y el artículo 26 señala que el Estado organizará un Sistema de Planeación Democrática que da lugar a la Ley de Planeación y en ésta se instituye la obligación de cada nuevo Gobierno Federal de presentar dentro de los primeros seis meses el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND) que aún está vigente.

El Plan Nacional de Desarrollo, de conformidad con los artículos constitucionales 25 y 26 así como los artículos 9o., 10, 16, 17, 21, 22, 23, 29, 30 y 31 de la Ley de Planeación, constituye el marco para definir los programas sectoriales, que especificarán los objetivos, prioridades y políticas que regirán el desempeño de las actividades del sector administrativo de que se trate. Los programas especiales deberán construirse con base en el Plan Nacional de Desarrollo y los Programas Sectoriales, referidos a las prioridades del desarrollo integral del país y a las actividades relacionadas con dos o más dependencias coordinadoras de sector.

Los Lineamientos para dictaminar y dar seguimiento a los programas derivados del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, tienen por objeto establecer los elementos y características que deberán contener los programas que deriven del Plan Nacional de Desarrollo, así como el procedimiento para someter los mismos a dictamen de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y determinar los criterios para llevar a cabo su seguimiento.

La obligación de emitir el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER) emana de la LAERFTE, que en su artículo 11 determina el contenido que este debe suscribir. Los elementos fundamentales son:

- Promover la participación social durante la planeación, aplicación y evaluación del Programa;
- Establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas;
- Establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad;
- Incluir la construcción de las obras de infraestructura eléctrica necesarias para que los proyectos de energías renovables se puedan interconectar con el Sistema Eléctrico Nacional;



- Asegurar la congruencia entre el Programa y los otros instrumentos de planeación del sector energía;
- Definir estrategias para fomentar aquellos proyectos que a partir de fuentes renovables de energía provean energía eléctrica a comunidades rurales que no cuenten con este servicio, estén o no aislados de las redes eléctricas, y
- Definir estrategias para promover la realización de proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables, preferentemente para los propietarios o poseedores de los terrenos y los sujetos de derechos sobre los recursos naturales involucrados en dichos proyectos.

Adicionalmente, en materia de biocombustibles, los objetivos y líneas de acción se desarrollan de acuerdo con el artículo 12, fracción primera, de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bio-energéticos, que mandata al Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Energía, a desarrollar la programación relativa a la producción, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de bio-energéticos. (DOF: 28/04/2014)

3.5 Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética. (LAERFTE)

A continuación se describe de forma general los artículos relevantes de La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). En el año 2008 se aprobó dicha ley con la intención de realizar la infraestructura para el aprovechamiento de Energías Renovables.

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), es un ejemplo de cómo una norma jurídica busca crear un beneficio social, y al mismo tiempo, quizás de manera no intencional, afecta uno de los pilares económicos del país, la industria petrolera nacional. Desde cualquier punto de vista, promover a las energías renovables es necesario, la cuestión es que todas las acciones involucradas deben ir en sintonía.

La LAERFTE (Últimas reformas publicadas DOF: 07/06/2013) es una ley que regula jurídicamente el desarrollo y aprovechamiento de energías renovables, alternas, o limpias. Esta ley se inscribe dentro de la tendencia y esfuerzo internacionales para reducir o mitigar los efectos del cambio climático, aunque realmente esto no debería ser la única preocupación.

La LAERFTE establece los lineamientos económicos del aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento o apoyo para el aprovechamiento de energías renovables y la transición energética. Para establecer la rentabilidad de cualquier sistema de generación de energía nos debemos referir, en primera instancia, a esta ley.



La ley por sí sola no especifica aspectos relativos a la planeación y mecanismos de financiamiento para energías renovables. La LAERFTE en su **capítulo III** (De la Planeación y la Regulación) **artículo 11**, delega a la Secretaría de Energía (SENER) la ejecución del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. Por lo anterior en este inciso se explicarán las cuestiones que intervienen directamente en la proyección y uso de energías renovables dentro de las directrices del presente estudio.

El artículo 22 establece que la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, es *el mecanismo mediante el cual el Estado Mexicano impulsará las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.*

El artículo 10 de la LAERFTE, el artículo 36 bis de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica y el artículo 34 de la Ley General del Cambio Climático establecen el Marco Legal para que la *SENER, en cooperación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y la Secretaría de Salud (SS) desarrolle y aplique una metodología para que integren los costos externos al servicio público de energía eléctrica.* En el caso de la generación de energía eléctrica, dependiendo de la tecnología de generación existen diferentes costos externos, una parte importante de estos costos están asociados a la emisión de contaminantes.

Los artículos 3, fracción IV, de la LCRE, 7, fracción II, 31 de la LAERFTE y 29 de su Reglamento, determinan que *la Comisión Reguladora de Energía (CRE) aprobará las metodologías para el cálculo de las contraprestaciones por la adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público y establecerá y expedirá, previa opinión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de la Secretaría de Energía, los instrumentos de regulación para el cálculo de las contraprestaciones por los servicios que se presten entre sí los suministradores y los generadores.*

Dicho lo anterior, tenemos que mencionar que para el presente estudio, la escala de suministro de energía eléctrica corresponde a la modalidad de autoabastecimiento, y de acuerdo al reglamento de la LAERFTE en su artículo 35, establece que la capacidad instalada por medio de energías renovables no debe exceder los 0.5 Mega watts. Como suministradores de energía es pertinente mencionar que se debe informar a la Comisión Reguladora de Energía (CRE) el inicio o terminación de operación del sistema de generación de energía, para lo cual se debe firmar un contrato de intercambio de energía que nos dará los parámetros de funcionamiento.

Una pregunta razonable sería ¿qué hacer con la energía restante o excedente producida por el sistema de generación de energía? Los artículos 17 y 18 de la LAERFTE establecen que *el Sistema Eléctrico Nacional recibirá la electricidad producida con energías renovables excedentes de proyectos de autoabastecimiento o por proyectos de*



cogeneración de electricidad, de conformidad con lo establecido en el artículo 36 bis de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

La LAERFTE en su artículo 3, fracción II, define a las energías renovables y por lo tanto son viables de la aplicación de Tecnologías Energéticas:

- a) *El viento;*
- b) *La radiación solar, en todas sus formas;*
- c) *El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales;*
- d) *La energía oceánica en sus distintas formas;*
- e) *El calor de los yacimientos geotérmicos;*
- f) *Los bio-energéticos.*

La Ley hace esta clasificación para tener un control o regulación de tecnologías que se desarrollen o sean resultado de energías renovables. Si bien, como lo señala el artículo 2º de la ley sobre que el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables y el uso de tecnologías limpias son de utilidad pública, no todas esas energías son de dominio público en el país.

Entonces tenemos que a nivel comercial los equipos necesariamente deben estar ligados o ser compatibles con la energía que podemos encontrar en las redes de transmisión. Un ejemplo de ello lo podemos encontrar en la frecuencia en que se transmite la energía en nuestro país, la cual opera a 60 Hz, y es por ello que los equipos a utilizar deben tener esa especificación.

Para el funcionamiento del sistema de generación de energía, con el sistema propuesto, tenemos que entender una cuestión básica en relación a las redes de transmisión:

- A la Alta Tensión se le puede definir como al diseño, construcción, mantenimiento o transmisión de energía con valores superiores a 35 Kilovolts (Kv).
- A la Media Tensión a la energía con valores superiores a 1 Kv y menos a 35 kv.
- A la Baja Tensión a la energía con valores inferiores a 1 Kv.

Debido a la escala a la que se pretende medir la rentabilidad del sistema, resulta necesario mencionar que la interconexión a la red de transmisión de energía sería en baja tensión. La infraestructura existente nos indicará de modo preciso la tecnología adecuada a considerar.

Por lo anterior, entendemos que la ley regula a las tecnologías y sus áreas de conocimiento que por su naturaleza tengan relación con el Sistema Eléctrico Nacional.



Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE)

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) establece en el artículo 36, fracción IV, las modalidades de producción de energía y que consisten en lo siguiente:

- Pequeña producción (hasta 30 Mega Watts). No se debe confundir el término, si bien a escala “macro” podemos definir a 30 Mw como “pequeño”, resulta difícil imaginar la obtención materia para generar tal cantidad de energía con los recursos que disponemos.
- Autoabastecimiento (Hasta 1 Mega Watt). La modalidad de producción de energía a la que se refiere el presente estudio está orientado al autoabastecimiento. La LSPEE establece que para esta modalidad se puede producir hasta 1 Mw, y esto parece contradecir a los 0.5 Mw que menciona la LAERFTE. Por lo anterior es necesario mencionar que ésta última ley únicamente se refiere a producción con energías renovables.

Modelos de Interconexión a Pequeña y Mediana Escala.

Los modelos de interconexión son instrumentos regulatorios elaborados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para promover e impulsar el desarrollo de proyectos con fuentes de energía renovable.

Estos instrumentos permiten realizar y mantener la interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) propiedad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la fuente de energía renovable en pequeña o mediana escala. Es decir, un usuario.

Para los proyectos a pequeña escala la capacidad de éstos será de un máximo de 30 kW y de 500 kW para los de mediana escala. En ambos casos no se requiere de un permiso de generación eléctrica, siempre y cuando los proyectos no tengan una capacidad mayor a los 500 kW. Se considera a un generador como la persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con fuente de energía renovable o aquellas personas físicas o morales que cuenten con un sistema de cogeneración.

Cuando los generadores de pequeña y mediana escala no requieren del otorgamiento de un permiso de generación de energía eléctrica por la CRE, es necesario aclarar que sí necesitan celebrar un Contrato de Interconexión al SEN con la CFE. Por otro lado, los generadores que quieran acreditar sus sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente, deberán solicitar el otorgamiento de un permiso de generación de energía eléctrica con la CRE. (DOF, 22/05/2012)

- Se considera pequeña escala al proyecto cuya potencia máxima a instalar no podrá ser mayor a lo siguiente:
 - Para usuarios con servicio de uso residencial, hasta 10 kW.
 - Para usuarios con servicio de uso general en baja tensión, hasta 30 kW.



La interconexión a la red eléctrica del suministrador, de las fuentes de energía renovable y Generadores con sistemas de en pequeña escala se hará en una tensión a 220/127v.

- *Se considera mediana escala al proyecto cuya potencia máxima a instalar dependerá del tipo de servicio, y no podrá ser mayor a la carga contratada con la CFE y estará limitada hasta 500 kW.*

La interconexión a la red eléctrica del suministrador, de las fuentes de energía renovable y Generadores con sistemas de cogeneración en mediana escala se hará en tensiones mayores a 1 kV y menores a 69 kV.

Condiciones del Contrato de Interconexión

El contrato de interconexión entre la CFE y los Generadores de pequeña y mediana escala se suscribe bajo las siguientes condiciones:

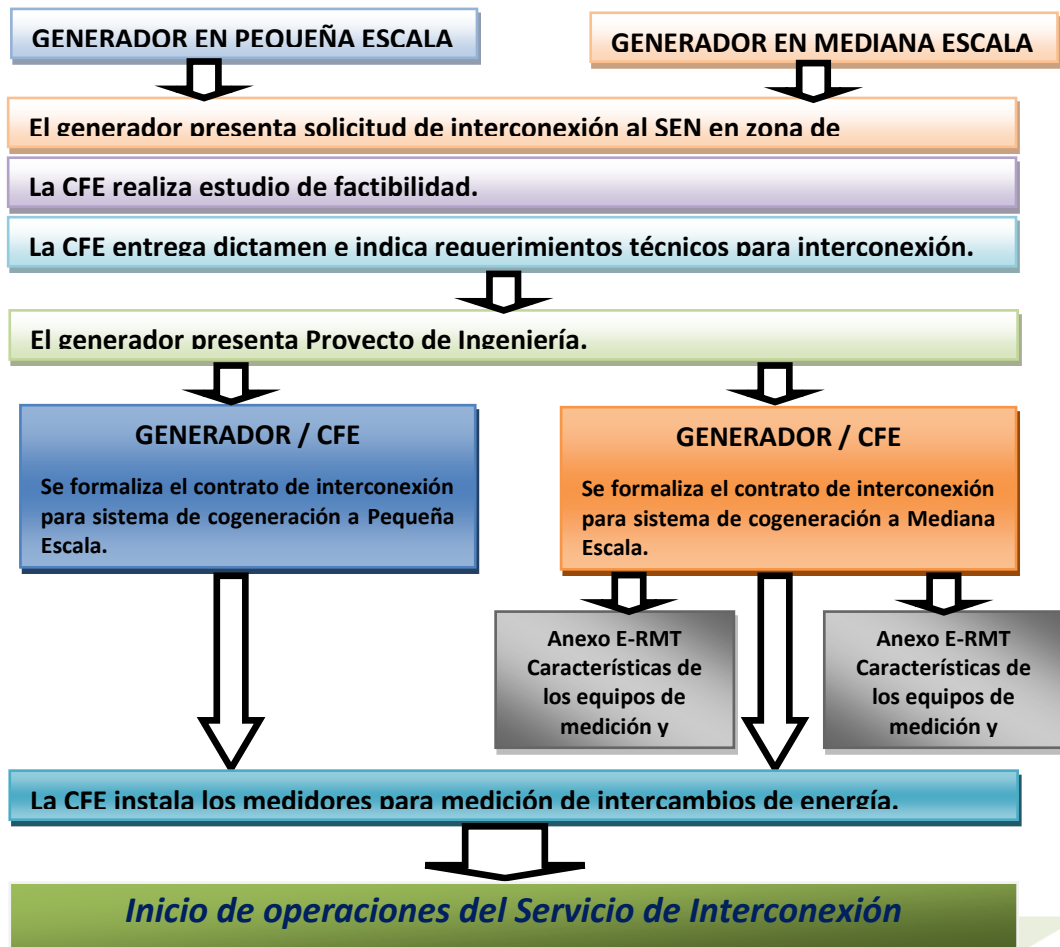
- Las inversiones necesarias para la construcción de las instalaciones o equipos que técnicamente sean necesarios serán a cargo del Generador.
- El Generador pagará la diferencia entre el costo del equipo necesario para realizar la medición neta y el costo del equipo convencional que instalaría la CFE para la entrega de energía eléctrica que corresponda.
- El Generador se obliga a mantener vigente un contrato de suministro de energía eléctrica en la tarifa aplicable durante todo el tiempo que dure la interconexión con la red de la CFE.
- Para fines de facturación, el consumo de kWh del Generador, se determinará como la diferencia entre la energía eléctrica entregada por la CFE y la energía entregada por el Generador a la CFE. La compensación se realizará de acuerdo al precio de la energía en la tarifa que se generó contra el precio cuando se consumió, y podrá compensarse entre los mismos o diferentes periodos horarios. Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del Generador que podrá ser compensado dentro del período de 12 meses siguientes; de no efectuarse en ese periodo, el crédito será cancelado y el Generador renuncia a cualquier pago por este concepto. (DOF, 03/02/2016)

Un punto importante en todas estas cuestiones tan técnicas es que no se puede banalizar a la generación de energía al punto que la propia viabilidad (de un proyecto particular) sea vista con incertidumbre por parte de la propia dependencia que nos califica como usuarios. Generar energía conlleva obligaciones y con ello la CFE proyecta el uso de sus redes de energía.

Por ningún motivo se puede basar un proyecto teniendo como argumento la incertidumbre. En otras palabras, los ganaderos excesivamente pequeños no pueden generar energía e interconectarse a las redes de transmisión, al menos de manera individual. En la imagen 12 se muestra un esquema de Interconexión a la red de la CFE.



Diagrama 10. Interconexión a las Redes de Transmisión de la CFE.



Elaboración Propia. Fuente: (DOF, 22/05/2012)

Con todo lo anterior podemos definir aspectos específicos del sistema de generación de energía, para lo cual debemos observar lo siguiente:

- Producción de energía (Modalidad de producción);
- Infraestructura existente;
- Punto de conexión.

3.7 Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)

El INERE es una herramienta que la Secretaría de Energía utiliza para promover la participación de las energías renovables en la generación de electricidad a través de la implementación de proyectos en el país. Es decir, es un sistema de servicios estadísticos y geográficos que recopila información del potencial de energías renovables y de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.



Es financiado por el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), mediante el Proyecto de elaboración de estudios de potencial de recursos renovables. En éste podemos tener acceso a la siguiente información.

- Atlas mexicano de recursos de biomasa para la generación de energía.
- Atlas nacional de oleaje 1a parte.
- Atlas nacional de oleaje y eólico.
- Atlas de radiación solar.
- Atlas nacional de recursos geotérmicos.
- Atlas nacional de recurso hidráulico en pequeña escala

La información relativa a los recursos disponibles no está destinada a proporcionar estudios a nivel de factibilidad económica en cada sitio individual. Sin embargo, con los datos que podemos obtener de dicha herramienta, podemos visualizar de manera general la disponibilidad de los recursos renovables en cada entidad del país.

El inventario actual en el estado de Puebla nos indica que la energía generada por medio de la biomasa es la siguiente:

IMAGEN 05. Generación de Energía con Biomasa en Puebla.

ESTADO	MUNICIPIO	NOMBRE	PRODUCTOR	TIPO	UNIDADES	POTENCIA (MW)	GENERACIÓN (GWh)
Puebla	Nopalucan	Empacadora San M	Privado	Biogás	1	0.97	0.00
Puebla	Atencingo	Ingenio de Atencir	Privado	Combustión direc	4	15.00	31.12

(INERE, Extraído 07/06/2017)

Lo que nos dice estos datos es que por medio del biogás, se tiene una capacidad instalada de 0.97 Mw de potencia. Importante destacar que la generación se encuentre en cantidad cero, lo cual nos indica que el sistema no está en funcionamiento. Y bajo esa consideración se puede decir que el aprovechamiento del biogás en el estado es nulo.

Dicha herramienta nos lleva a hacernos 2 preguntas:

- ¿Cuál es el potencial de generación de energía con el uso de biogás en el Estado?; y
- ¿En dónde se encuentran los mayores recursos disponibles?

IMAGEN 06. Potencial de Generación de Energía con Biogás en Puebla.

ESTADO	MUNICIPIO	SITIO	TIPO	CLASIFICACIÓN	SUBCLASIFICACIÓN	CAPACIDAD INSTALABLE	POTENCIAL (GWh)	FUENTE
Puebla	Tecamachalco	Puebla 4	Biogás	Probable	Biodigestor	0.21	1.20	CFE
Puebla	Atlixco	Puebla 1	Biogás	Probable	Biodigestor	0.17	0.97	CFE
Puebla	Huaquechula	Puebla 2	Biogás	Probable	Biodigestor	0.15	0.85	CFE
Puebla	Juan C. Bonilla	Puebla 3	Biogás	Probable	Biodigestor	0.11	0.85	CFE

(INERE, Extraído 07/06/2017)



Con lo anterior se entendería que los municipios de Tecamachalco, Atlixco, Huaquechula y Juan C. Bonilla son los municipios que tienen mayor factibilidad y potencial para implementar el uso de biodigestores. Pero, si lo analizamos hay que preguntarse:

1.- ¿Por qué el único biodigestor instalado en el estado se encuentra en un municipio que no aparece en el INERE con un potencial aceptable para la generación de energía?

2.- ¿Qué tipo de residuos considera el INERE para determinar el potencial de generación de energía?

En el censo de existencias de ganado para el estado de Puebla del INEGI nos muestra los siguientes datos:

Tabla 26. Existencia de Ganado Bovino Según Rango de Edad

POR ENTIDAD Y MUNICIPIO
(Cabezas)

ENTIDAD Y MUNICIPIO	EXISTENCIAS TOTALES ^a	RANGO DE EDAD			
		MEÑORES DE 1 AÑO	DE 1 A 2 AÑOS	MÁS DE 2 A 3 AÑOS	MAYORES DE 3 AÑOS
PUEBLA	344 079	91 460	58 091	52 407	65 444
1 CHIAUTLA	14 678	3 722	3 657	3 263	3 655
2 VENUSTIANO CARRANZA	12 612	3 734	2 357	2 914	3 482
3 TECAMACHALCO	10 795	2 203	1 818	1 905	2 512
4 FRANCISCO Z. MENA	9 143	3 061	2 056	1 829	2 127
5 SAN GREGORIO ATZOMPA	9 128	1 931	1 437	2 399	3 101
6 TENAMPULCO	8 860	3 025	1 646	1 389	2 620
7 TOCHTEPEC	7 678	1 858	1 273	1 263	1 602
8 JOLALPAN	7 672	2 992	1 101	1 021	2 124
9 HUEYTAMALCO	7 493	2 154	1 424	1 100	2 617
10 LIBRES	6 421	1 421	1 392	1 032	1 413

Fuente: (INEGI, 2007)

Tabla 27. Existencia de Ganado Porcino según Rango de Edad

EXISTENCIAS DE GANADO PORCINO SEGÚN FUNCIÓN ZOOTÉCNICA Y EDAD CUADRO 44
POR ENTIDAD Y MUNICIPIO
(Cabezas)

ENTIDAD Y MUNICIPIO	EXISTENCIAS TOTALES	FUNCIÓN ZOOTÉCNICA				EXISTENCIAS EN VIVIENDAS ^a
		SEMENTALES	VIENTRES	MEÑORES DE 8 SEMANAS	ANIMALES EN DESARROLLO O ENGORDA	
TOTAL						
PUEBLA	753 121	16 075	51 652	205 217	427 314	33 757
1 ATEXCAL	97 280	1 076	6 054	34 661	51 173	40
2 CHILA	90 802	93	1 434	33 578	52 013	106
3 TEPANCO DE LÓPEZ	77 223	287	5 125	36 264	35 082	395
4 ATLIXCO	36 322	250	2 633	9 099	22 918	1 006
5 AJALPAN	30 301	316	344	7 622	21 204	293
6 TEHUACÁN	26 960	356	2 716	7 072	16 415	375
7 TECAMACHALCO	16 406	173	1 785	3 900	9 705	764
8 HUAQUECHULA	14 816	147	1 310	5 093	7 564	652
9 CHALCHICOMULA DE SESMA	14 517	180	1 467	2 677	9 909	253
10 TOCHTEPEC	12 684	126	1 493	3 339	7 267	372

Fuente: (INEGI, 2007)



Los datos arrojados por el INEGI resultan ser una contradicción a lo expresado por el INERE, por lo que al final, el dimensionamiento y factibilidad del sistema se deberán corroborar directamente en el sitio.

Un dato a tomar en cuenta es que, según datos del INERE, la generación de energía con el uso de biomasa, se genera al 100% por medio de particulares y ello conlleva a que el desarrollo e investigación de esta tecnología pudiera estar frenada por el escaso interés del propio Gobierno.

IMAGEN 07. Generación de Energía Actual por Energías Renovables (GWh/a).

ENERGÍAS	Geotérmica	Hidráulica >30 MW	Hidráulica ≤ 30 MW	Oceánica	Eólica	Solar	Biomasa
CFE	6 168.00	36 488.00	1 130.00	No Genera	197.00	12.00	No Genera
PRIVADOS	No Genera	71.00	622.00	No Genera	4 350.00	21.00	1 324.00
TOTAL MÉXICO	6 168.00	36 559.00	1 753.00	No Genera	4 546.00	34.00	1 324.00

(INERE, Extraído 07/06/2017)

3.8 Generación Distribuida

De acuerdo a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) la generación distribuida se puede definir del siguiente modo:

“Es la generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica y, en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética.”

Y entendiéndose que el término “almacenar” no significa que la energía se tenga que guardar en baterías. Lo que realmente se propone es que en la modalidad de autoabastecimiento si producimos una cantidad de energía mayor a la que consumimos entonces tenemos una cantidad de energía que puede ser negociada.

Dicho de otro modo, es la puerta para que cualquier persona que pueda generar energía tenga la posibilidad de recibir un beneficio propiamente económico por ello. Pero sucede que en estos momentos hablar de “Contratos de Generación Distribuida” es algo nuevo para todos, incluido el propio gobierno.

El DOF: 07/03/2017 publica la resolución de la comisión reguladora de energía por la que expide las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.



Estas disposiciones entran en vigor el día 08 de Marzo de 2017 y queda sin efecto la Resolución RES/054/2010, a través de la cual se expiden los modelos de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala.

Traduciendo un poco lo que se menciona en dicha resolución podemos mencionar lo siguiente:

- Se debe celebrar un “Contrato de Interconexión a la Red”
- Se debe celebrar un “Contrato de Contraprestación”
- Este tipo de contratos se debe hacer con una potencia menor a 500 kw. (0.5 Megawatts).
- *La Generación Distribuida contará con acceso a los mercados donde pueda vender su producción. De acuerdo con el Manual de interconexión, los Generadores Exentos, incluyendo a los que representen Centrales Eléctricas de Generación Distribuida, podrán realizar las siguientes actividades:*
 - o *I. Consumo de Centros de Carga.*
 - o *II. Venta de excedentes de la energía eléctrica.*
 - o *III. Venta total de energía eléctrica. (Extraído DOF:07/03/2017)*
- Se menciona que “*la Generación Distribuida contará con acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a las Redes Generales de Distribución*”. Es decir, todos podemos interconectarnos a la Red. La cuestión es que eso no es tan sencillo como parece puesto que debe haber una factibilidad para ello, o sea el circuito de distribución tiene una capacidad limitada y en determinado momento eso requiere de la modernización y adaptación de las redes y centros de distribución, faltaría comprobar el presupuesto que el Gobierno destine para ello. También es importante mencionar que el uso la “Red” implica considerar Obras para Interconexión u Obras de Refuerzo, mismas que deben realizarse en base a las leyes y normas aplicables.
- Se establece la metodología del pago de contraprestaciones para “pequeñas centrales eléctricas con generación menor a 0.5 MW, que no requieren permiso para generar electricidad (Generadores Exentos). Estos generadores pueden vender su electricidad y Productos Asociados a un Suministrador de Servicios Básicos. Al celebrar un contrato de interconexión se aplica una metodología de contraprestación de medición de energía que consistente en lo siguiente:
 - o *Medición neta de energía: metodología de contraprestación que considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las Redes Generales de Distribución compensando dichos flujos de energía eléctrica entre sí durante el periodo de facturación. También se conoce como Net Metering por su nombre en inglés.*

De modo alterno los Generadores Exentos que así lo deseen, podrán elegir entre las siguientes opciones de contraprestación:



- *Facturación neta: metodología de contraprestación que considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las Redes Generales de Distribución, y les asigna un valor que puede variar a la compra y a la venta. También se conoce como Net Billing por su nombre en inglés.*
- *Venta total de energía: metodología de contraprestación que considera el flujo de energía eléctrica entregada hacia las Redes Generales de Distribución, al cual se le asigna un valor de venta. (Extraído DOF:07/03/2017)*

Cada una de estas modalidades de venta de energía implicaría una Contraprestación que tiene un criterio distinto para su cálculo. Si en determinado momento es necesaria la migración de un régimen de contraprestación a otro es posible siempre y cuando hayan transcurrido 12 meses a partir de la fecha de celebración del contrato.

Metodología para la determinación de contraprestaciones

Medición Neta de Energía.

Lo primero que se tiene que establecer antes de pensar en una contraprestación es el nivel de tensión en el que se realice la interconexión de la Central Eléctrica. Es decir, si el sistema se interconecta en Baja o en Media Tensión.

- Interconexión en baja tensión:

En términos reales hablamos de interconexión a 220/127v. De acuerdo a la resolución mencionada *la contraprestación por Medición Neta de Energía se calculará como la diferencia entre la energía total entregada por el Suministrador de Servicios Básicos y la energía total entregada por el Generador Exento en el periodo de facturación, a través de las Redes Generales de Distribución.*

Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un crédito a favor del Generador Exento, el cual se abonará automáticamente a la medición de energía facturada en cada periodo posterior de facturación, hasta un máximo de 12 meses.

Una vez concluido ese periodo, el Generador Exento recibirá la liquidación del crédito vencido (no abonado tras 12 meses) al valor promedio del Precio Marginal Local durante el intervalo de tiempo en el que se generó el crédito, calculado en el nodo correspondiente al Punto de interconexión, en términos del apartado Condiciones de Pago, contenido en las presentes Disposiciones.

El pago se realizará mediante transferencia bancaria a la cuenta que el Generador Exento designe para tal fin.

Cuando la diferencia sea positiva, se considerará como un crédito a favor del Suministrador de Servicios Básicos y se facturará al Usuario Final, a la tarifa final de suministro aplicable en el periodo de facturación actual, o según se establezca en el contrato de suministro que las partes hayan celebrado. (Extraído DOF:07/03/2017)



En otras palabras, si tenemos un excedente de producción de energía con respecto a lo que estamos consumiendo, éste será liquidado en función al precio establecido por cada Kwh producido. Dicho precio está publicado en la página de la CFE y varía de una región a otra, por lo que debe ser consultado para cada caso.

- Interconexión en Media Tensión

De acuerdo a los puntos de interconexión ésta puede variar con los siguientes voltajes:

- 13.2 kV
- 23.0 kV
- 34.5 kV

Para suministros en tarifa ordinaria en media tensión:

$$EFn = \max(0, EESn - ERGn)$$

Para suministros en tarifa horaria en media tensión:

$$EFnp = \max(0, EESn - ERGn)p$$

Dónde:

EFn = Consumo de energía eléctrica normal del suministro en el mes de facturación n;

EESn = Energía eléctrica entregada por el Suministrador en el mes de facturación n;

ERGn = Energía eléctrica recibida por el Suministrador en el mes de facturación n;

p = Periodo horario aplicable (punta, intermedia y base o los correspondientes periodos horarios, de manera decreciente, de la tarifa final de suministro aplicable).

Las unidades de EFn y EFnp se expresan en kWh.

A) Cuando la diferencia, EESn - ERGn es negativa, se considera como un crédito a favor del Generador Exento y se conserva como energía acumulada de meses anteriores en favor del Generador Exento, clasificándose en el periodo horario y mes en que el crédito fue generado. Dicho crédito será compensado automáticamente en los siguientes periodos de facturación del Usuario Final, siempre y cuando exista un crédito a favor del Generador Exento que permita efectuar la compensación.

B) Cuando la diferencia, EESn - ERGn, es positiva, y exista energía acumulada de meses anteriores en favor del Generador Exento, se realizan las compensaciones que sean posibles, desde el mes más antiguo hasta el más reciente.

Lo anterior se realiza hasta agotar la energía acumulada o hasta que la facturación normal del suministro del mes sea de cero kWh.

Si la facturación normal del suministro del mes llega a cero kWh antes que se agote la energía acumulada de meses anteriores en favor del Generador Exento, el remanente de



esta última se conserva, clasificado en el periodo horario y mes en que se entregó, para utilizarse en futuras compensaciones.

Dicha energía debe compensarse en un periodo máximo de 12 meses siguientes al mes en que se originó cada una de sus partes. De no efectuarse la compensación en ese periodo, el Generador Exento podrá exigir la liquidación del crédito vencido (no compensado tras 12 meses) al valor promedio simple del Precio Marginal Local durante el intervalo de tiempo en el que se generó el crédito, calculado en el nodo correspondiente al Punto de interconexión de la Central Eléctrica de Generación Distribuida. El pago se hará mediante transferencia bancaria a la cuenta que el Generador Exento designe para tal fin. (Extraído DOF:07/03/2017)

Es importante resaltar que el esquema anterior no varía significativamente con lo que se propone en el mencionado decreto. La diferencia está en que los “kilowatts hora” no utilizados en un periodo de 12 meses ahora tienen un valor. Ahora, hablar de generar “riqueza” necesariamente nos lleva a pensar en pagar impuestos y es un tema que se debe tener en cuenta puesto que no necesariamente esto puede resultar beneficioso para los generadores exentos y en la práctica se verá si lo que se propone incentiva la generación de energía para su venta.

Al final, las compensaciones se realizan de forma automática restando de la energía entregada de la energía acumulada de los meses anteriores (si es que existe saldo a favor), según se trate de un contrato de suministro con o sin tarifa horaria. Se debe tener en cuenta que *NO se compensan excedentes generados en el mes de facturación, con la energía entregada por el Suministrador en el mismo mes de facturación.*

Facturación neta (Net billing) y venta total de energía

Entiéndase por facturación neta como el régimen de contraprestación asociado a la interconexión que, por un lado, considera la entrega de energía eléctrica por parte del Generador Exento a las Redes Generales de Distribución y, por el otro, de manera independiente considera la recepción de energía eléctrica por el Centro de Carga desde las Redes Generales de Distribución por parte del Suministrador.

En el régimen de facturación neta, el contrato de interconexión deberá estar relacionado con un contrato de suministro de energía eléctrica (sin ser necesario que se trate del mismo titular del contrato), ya que existirá entrega y recepción de energía eléctrica hacia y desde las Redes Generales de Distribución en el mismo Punto de interconexión.

El régimen de venta total de energía ocurre en el caso donde no exista un contrato de suministro eléctrico asociado al mismo Punto de interconexión de la Central Eléctrica.

La energía eléctrica entregada, en su caso, por el Suministrador de Servicios Básicos al Usuario Final en el Punto de interconexión, es independiente al cálculo de la presente contraprestación y se liquidará al valor de la tarifa final de suministro contratada.

La totalidad de la energía eléctrica que el Generador Exento entregue a las Redes Generales de Distribución, se registrará de forma independiente a la energía eléctrica



que, en su caso, pudiera recibir un Usuario Final por parte del Suministrador en dicho Punto de interconexión. (Extraído DOF:07/03/2017)

Poniendo en contexto lo anterior, la contraprestación (precio del kwh) que recibimos es totalmente independiente a lo que pagamos de energía. Esto sucede porque la energía generada seguramente no coincide con el momento en que la consumimos, y estamos en el entendido de que los precios varían de un día a otro.

Por ello en dicho decreto se establece la fórmula para el cálculo de la contraprestación por facturación neta y venta total de energía:

$$CFn = \sum_{h=0}^n (EEGh * PMLh)$$

Dónde:

CFn = Contraprestación por la energía eléctrica entregada a las Redes Generales de Distribución en el periodo de facturación n;

EEGh = Energía eléctrica entregada en la hora h a las Redes Generales de Distribución en el periodo de facturación n;

PMLh = Precio Marginal Local en la hora h, en el nodo correspondiente al Punto de interconexión de la Central Eléctrica, durante el periodo de facturación n;

En caso de existir un contrato de suministro eléctrico asociado al mismo Punto de interconexión, el Generador Exento podrá decidir si se emite una factura por separado que ampare la energía entregada a las Redes Generales de Distribución y otra que considere la energía recibida de las Redes Generales de Distribución, o si se realiza una única factura desglosando los saldos a favor y en contra, indicando el balance que habrá de ser liquidado. (Extraído DOF:07/03/2017)

3.9 Apoyos Gubernamentales

Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) tiene el propósito de apoyar los programas orientados a corregir faltantes de productos básicos, destinados a satisfacer necesidades nacionales; apoyar la realización de inversiones, obras o tareas necesarias para lograr el incremento de la productividad de la tierra; apoyar la adopción de tecnología y administrar los estímulos que por su conducto otorgue el Gobierno Federal.

Según la SAGARPA sus esfuerzos son *detonar agronegocios, respaldar empresas rurales y organizaciones de productores, además de apoyar actividades productivas en beneficio del medio ambiente.*

Ahora bien, lo anterior es una ventana mediante la cual se puede obtener un apoyo gubernamental, pero es importante resaltar que los “Componentes” (o apoyos) otorgados



por el FIRCO se modifican cada ejercicio fiscal y están sujetos a la disponibilidad de recursos destinados a ese rubro. Es decir, para este tema en específico durante el ejercicio fiscal 2015 el componente publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) fue el de Bioenergía y Sustentabilidad.

Para el ejercicio (2016) es de resaltar que los apoyos destinados a las energías alternativas no son tan importantes como en el ejercicio anterior. Incluso, dada la naturaleza de los Componentes publicados en el DOF, se puede decir que es casi nula.

Aún con lo anterior, es importante hacer mención de los procedimientos a seguir en un programa en específico (actual) para tener un panorama de dichos apoyos y saber en su momento orientar esfuerzos a ello:

COMPONENTE SUSTENTABILIDAD PECUARIA

- A) *Población objetivo.- Personas físicas y personas morales dedicadas a la producción, comercialización o industrialización de productos pecuarios que se encuentren registradas en el Padrón Ganadero Nacional.*
- B) *Objetivos.-*
 - a. *Objetivo general del Programa de Fomento Ganadero es contribuir a aumentar la productividad de las Unidades Económicas Pecuarias mediante la inversión en el sector pecuario.*
 - b. *Objetivo específico del Componente. Apoyar a las Unidades Económicas Pecuarias para la adquisición de bienes de apoyo a la producción y mejorar las tierras de pastoreo y agostaderos.*
- C) *Cobertura.- Nacional*
- D) *Conceptos y monto de apoyo:*

Tabla 28. Montos máximos de Apoyo Federal

Concepto	Montos Máximos
Infraestructura y Equipo para cubrir aspectos sanitarios y para llevar a cabo el manejo de y aprovechamiento de las excretas de los animales.	<p>El monto máximo de apoyo federal por persona física será de hasta \$500,000.00</p> <p>El monto máximo de apoyo federal por persona moral será de hasta \$5,000,000.00, el monto máximo por persona física integrante de la persona moral será de hasta \$500,000.00</p> <p>La aportación federal, será de hasta el 35% del valor del proyecto, para productores ubicados en localidades de alta y muy alta marginación. Municipios de la Cruzada Nacional contra el Hambre, podrá ser hasta del 70% del valor del proyecto.</p>

Fuente: (SAGARPA, 2016)

- E) Lista de requisitos
- F) Periodo de recepción de solicitudes o plazo
- G) Ventanilla o lugar y horario
- G) Procedimientos de la solicitud. Referirse al art. 184 de las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio fiscal 2016.



De la información expuesta, debemos considerar que en todo momento nuestro apoyo gubernamental no debe exceder el 35% del valor del proyecto, y bajo los montos que se indican en cada una de las personalidades. Es muy cierto que se plantea que los Municipios que se encuentran dentro del Programa de la Cruzada Nacional contra el Hambre el apoyo es del 70% del valor del proyecto, pero no debemos perder de vista también que los apoyos serán calificados según el criterio de la Instancia Ejecutora. En otras palabras, el objetivo de este componente está orientado a cubrir aspectos sanitarios y aprovechamiento de las excretas de los animales, y no precisamente a la generación de energía.

Al final, en el concepto de “aprovechamiento de las excretas de los animales” tiene pertinencia la producción de Biogás y depende mucho del planteamiento del proyecto y sobretodo del criterio de la dependencia si es viable o no.

Entonces, la idea de solicitar un apoyo ante la SAGARPA mediante el FIRCO nos refiere, por ejemplo, dentro de las Reglas de Operación del ejercicio 2016, al guion único para la elaboración de un Proyecto de Inversión (ANEXO 3) que de modo general solicita lo siguiente:

- 1.- *Resumen Ejecutivo, Técnico y Financiero*
2. *Nombre del proyecto*
3. *Programa, componente(s), concepto(s) de apoyo, inversión total, desglose de apoyo solicitado y de aportación del solicitante, de créditos, de otros programas e instituciones, entre otros.*
4. *Objetivo(s) general(es) y específico(s)*
5. *Justificación*
6. *Datos generales y aspectos técnicos del proyecto*
7. *Análisis y aspectos de Mercados*

8. Análisis Financiero

a. Evaluación financiera del proyecto, la cual debe contener flujo de efectivo, el cálculo de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), Punto de equilibrio (PE) y el Valor Actual Neto (VAN) desglosando todos sus componentes y anexando documentación que soporte dicho cálculo (incluir el archivo Excel considerado para los cálculos efectuados). Así mismo deberá incluir el análisis de sensibilidad, relación utilidad o beneficio costo. Nota: La hoja de cálculo no debe de estar protegida. Debe permitir verificar los cálculos y fórmulas que se presentan dentro del horizonte del análisis financiero.

b. Presupuestos, composición y programa de inversiones y financiamiento complementario de algún intermediario financiero o de otro tipo (en su caso).



- c. Proyección financiera actual y proyectada a 5 años (ingresos/egresos).*
- d. Descripción de costos (fijos y variables).*
- e. Necesidades de inversión.*
- f. Para infraestructura: el Estado de Resultados y Balance del ejercicio inmediato anterior y Estados Financieros Proforma para los primeros tres años del proyecto.*
- g. Copia(s) del (de los) balance(s) general(es) y del (de los) estado(s) de resultados, en su caso.*
- h. Cartas de autorización o compromiso de las instituciones financieras participantes en el financiamiento del proyecto (en su caso).*

9. Activos

10. Descripción y análisis de Impactos esperados

11. Análisis de la situación ambiental, en su caso.

12. Para PRODEZA:

13. Conclusiones y recomendaciones (respecto de cada uno de los puntos señalados).

Una vez que cumplimos con esa serie de requisitos es importante resaltar que no se tiene la certeza de que los apoyos puedan ser entregados al usuario, pues esa labor claramente se expresa que será "bajo el criterio" de la Instancia Ejecutora.



Conclusiones del Capítulo 3

En general se puede decir que el país cuenta con un marco legal bastante elaborado y las leyes están al alcance de cualquier persona que así lo desee. La cuestión es que, ante todo, debemos entender que si hablamos del concepto de “Rentabilidad” eso debe representar un beneficio tangible para una persona que se arriesga a *invertir* en energías renovables. Es decir, a una persona que entra al mercado mayorista por ley se le obliga a generar parte de su energía utilizando energías alternativas, y eso está muy bien. Pero el potencial, en el caso específico del biogás generado por desechos de la ganadería, se encuentra bastante disperso y no resulta tan sencillo que una persona pueda plantearse la construcción de un bio-digestor y obtener un beneficio.

Con lo anterior se pretende explicar que las modalidades de contratación son variadas y el objetivo se debe definir desde la concepción de un proyecto de generación de energía antes de pensar en hablar de generación riqueza. En otras palabras si el objetivo es generar energía para autoconsumo entonces hablamos de que nuestra visión debe estar orientada hacia una cantidad de kwh que consumimos vs una cantidad de kwh que generamos, y este es el verdadero problema, pues no existe un modo de captar el potencial que se tiene en el país.

Es justo decir que, desde una visión personal, estos obstáculos no solamente tienen que ver con las políticas públicas que ya en sí resultan un tanto restrictivas, sino que también tenemos el tema de que nuestro país no cuenta con tecnología propia para poder generar energía. Y esto implica que en la realidad debemos importar la mayor parte de los componentes para poder tener un sistema eléctrico, y entonces, si miramos unos meses atrás tenemos la triste realidad de que nuestra moneda se depreció un 42% y eso hace aún más difíciles cualquier planteamiento posible.



4 Rentabilidad

4.1 Introducción

Es imposible evitar que en todo proyecto que represente inversión de dinero estemos expuestos a un riesgo, el cual debemos determinar con un análisis detallado. Para determinar la rentabilidad de una inversión, o para decidir entre varias inversiones alternativas en términos de rentabilidad, se emplean indicadores de rentabilidad tales como el Valor Actual Neto o la Tasa Interna de Rentabilidad. El *riesgo* que se tiene en la evaluación de un proyecto es la incertidumbre sobre la Tasa Interna de Retorno (TIR), por ello es necesario evaluar los diferentes escenarios de un proyecto para analizar si se va a cumplir. Esta situación nos va a referir a la pertinencia del proyecto, indicando la eficiencia.

Cuando diseñamos un plan de negocios para evaluar un proyecto de inversión se deben considerar los posibles efectos de una inflación, lo cual significa que se debe, en cierta forma, predecir las tasas inflacionarias para los años siguientes. Quizás sea irreal proponer que el comportamiento económico es predecible en base a datos históricos, sin embargo no existe una herramienta que nos ayude a determinar con exactitud el comportamiento de una economía, y en el caso de México, menos.

Desde el gobierno hemos podido percibir una urgente necesidad de demostrar que las acciones realizadas en materia de la reforma energética son completamente acertadas. Y esto se pudo observar cuando las tarifas del cobro de energía presentaron una tendencia a ofertarse a un precio menor, sin embargo, nunca se dio a conocer de manera concreta en qué rubro se hizo más eficiente la generación de energía para, en consecuencia, poder disminuir las tarifas sin tener el temor de que en cualquier momento esta situación pudiera revertirse. Y con ello todos los acontecimientos recientes en los que los precios de los energéticos tienen una tendencia a la alza, sobre todo si consideramos que lo que pretende la reforma energética hacia el futuro es vender la energía en base a la especulación.

La naturaleza del estudio demanda que la prioridad se enfoque primordialmente en la rentabilidad financiera y económica. Es muy cierto que el hecho de tocar el tema de



energías renovables nos lleve a pensar en indicadores ambientales y sociales, pero dado que este análisis está dirigido a un usuario que debe invertir una cantidad de dinero, y por lo mismo le debe representar un beneficio, es que estos últimos indicadores no se estudiarán a fondo. Debemos considerar que el simple hecho de reutilizar desechos para generar energía ya representa en sí un beneficio ambiental.

En el presente capítulo se intentará determinar los factores que intervienen de manera directa en un modelo negocio aplicado a la generación de energía por medio del uso del biogás.

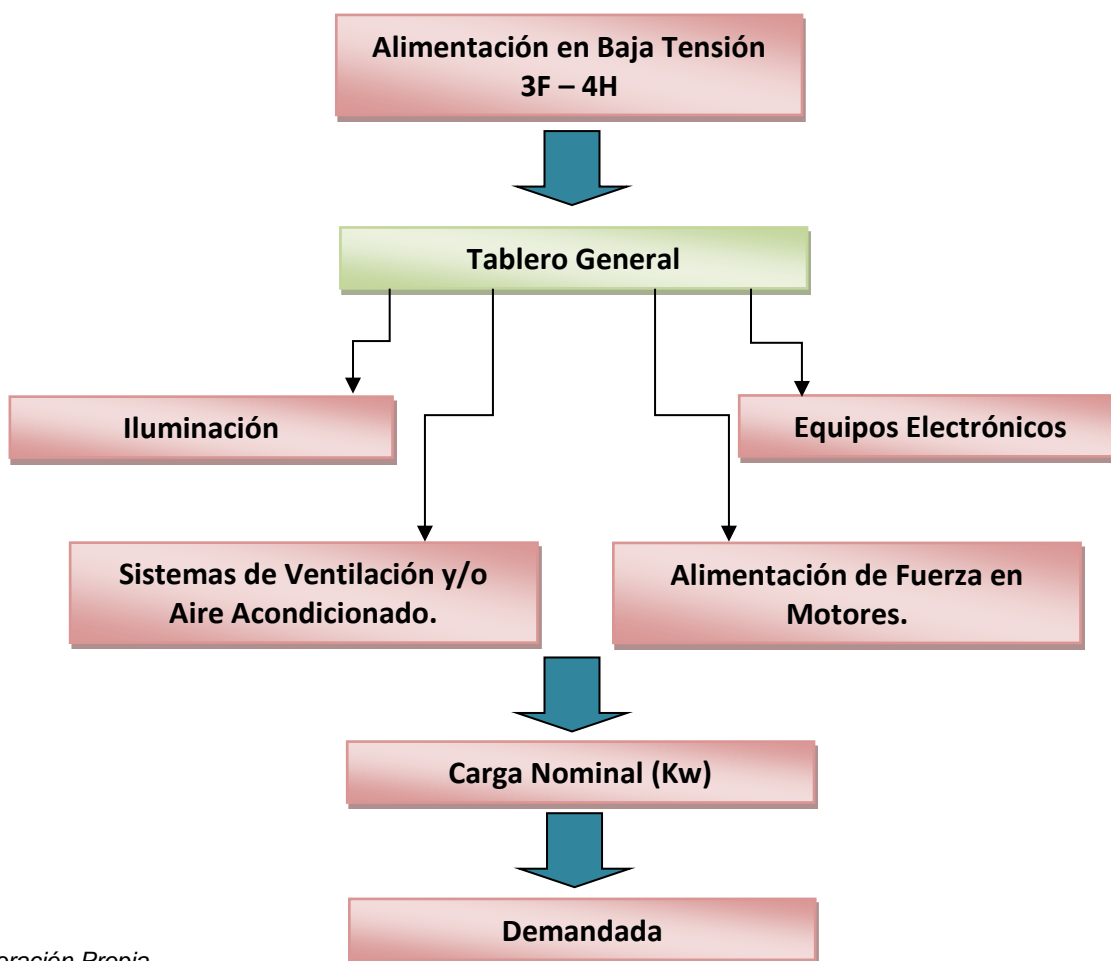
Es importante resaltar que no es posible establecer un “estándar” de rentabilidad en materia financiera y económica debido a que, como se ha mencionado anteriormente, no existe una tarifa fija para todos los usuarios; por ello cada caso debe estudiarse individualmente, y también se debe considerar que existen factores externos que terminan por limitar la viabilidad del sistema. Con esto debemos entender que el sistema está orientado a una interconexión a la “Red de Baja Tensión” y que en ningún momento se pretende implementar un sistema que nos dé autonomía en nuestro consumo energético, si bien la pretensión es la de producir, al menos, la misma cantidad de energía que estamos consumiendo.



4.1 Inventario de la Instalación

Es necesario hacer un levantamiento de todos los equipos eléctricos y dispositivos de protección existentes. Ello nos permitirá, en primera instancia, saber cuál es la demanda nominal en el edificio, así como el número de fases y el voltaje con el que funciona la instalación:

Diagrama 11. Guía para determinar “Demanda y Contratación de Servicio de Energía”



Elaboración Propia.

El diagrama, se traduce en la obtención de los siguientes datos:

- Dispositivos de iluminación;
- Motores;
- Sistemas de Ventilación y Aire acondicionado;
- Equipos electrónicos;
- Todo aquello que consuma energía eléctrica.



Si hablamos de la implementación de un sistema en “obra nueva” será importante intentar establecer los patrones de uso que tendrán los equipos, de este modo la demanda de energía será más cercana a la realidad.

4.3 Recibo de Energía Eléctrica

Si hablamos de un estable existente, lo primero que debemos solicitar al hacer un estudio de este tipo es el recibo de energía. Sin embargo esto no debería exentarnos de hacer un inventario para conocer la instalación existente.

IMAGEN 08. Recibo de Cobro de Energía Eléctrica

The diagram shows a sample electricity bill from CFE (Comisión Federal de Electricidad) with callouts to various sections:

- Datos del cliente:** Points to the customer information section including name (JAVIER ESTANISLAO QUIROZ VILLANICH), address (CALLE 48 EDIF 18-08), and location (PUEBLA, PUEBLA).
- Detalle del Consumo:** Points to the consumption table with columns for 'Lectura actual', 'Lectura anterior', 'Mes', and 'Consumo kWh'.
- Gráfica de Consumo:** Points to a semi-circular gauge showing consumption levels.
- Mensajes de Uso:** Points to a section with usage instructions and a QR code.
- Datos de Facturación:** Points to the billing information at the bottom, including the service number (257 050 101 852) and total amount (\$114.00).
- Detalle del Importe del pago:** Points to the total amount to be paid (\$114.00).
- Información Importante:** Points to the service number (257 050 101 852) and payment deadline (08 NOV 11).
- Promedio diario de consumo (kWh y \$):** Points to the daily average consumption table.
- Detalle de la facturación:** Points to the 'Producción' table showing charges for kWh, price, and subtotal.
- Detalle del Importe:** Points to the 'Importe del Subsidio' table showing various subsidies.
- Talón de Caja:** Points to the receipt stub at the bottom right showing the total amount (\$114.00).

Fuente: Recuperado CFE, 05/04/2017

El primer dato relevante es saber la tarifa que tenemos contratada. Eso nos dará, en primera instancia, un panorama importante de que tan factible resulta la idea de considerar un sistema de generación de energía. Por poner un ejemplo, en la Imagen 16, la imagen de la gráfica de consumo (recuadro morado) nos deja ver que esta tarifa cuenta con un subsidio; pero resulta que la rentabilidad no es muy afín a ello, por lo que entre mayor subsidio menos viable resulta el tema.

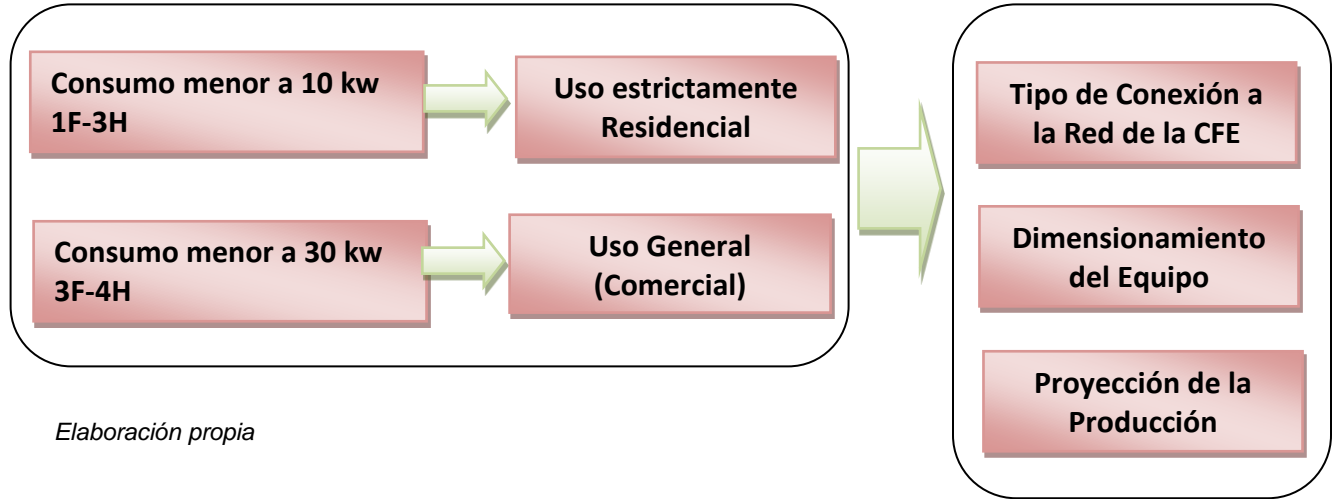
- Otro dato relevante sería el detalle de consumo; lo cierto es que una cosa es la carga nominal y otra cosa muy distinta la demanda real. El recibo de energía nos permite hacer una “radiografía” con la cual entendemos “nuestros patrones” de demanda de



energía. En la parte posterior del recibo se muestra el historial de la facturación y ese dato nos permitirá establecer un promedio de consumo. Es muy cierto que no necesariamente debemos consumir la misma energía todos los años, pero en general esos datos no cambian, salvo que en determinado momento exista un aumento (o disminución) de equipos.

Bajo este mismo dato, también podemos establecer nuestro esquema de producción ya sea residencial o de uso general.

Diagrama 12. Esquema de Producción de Energía



Elaboración propia

4.4 Sistema de Generación de Energía.

Tomando como ejemplo a Guardado Chacón, pudiera haber como él, otros autores que proponen que cualquier motor de combustión interna es compatible para funcionar con biogás en óptimas condiciones. En sus propias palabras menciona que *sólo se registra una ligera disminución de la potencia y el motor trabaja algo más caliente que con el combustible líquido. Si se dotan de un mezclador de aire-gas adecuado, los motores de gasolina pueden trabajar con 100 % de biogás, sin necesidad de gasolina, incluso en el arranque. No ocurre lo mismo con los motores Diesel, debido a que la temperatura al final de la carrera de compresión no es superior a los 700 grados, y la temperatura de ignición de la mezcla aire-biogás es de 814 grados, por lo que se hace necesaria la inyección de una pequeña cantidad de combustible diésel antes de finalizar la carrera de compresión del pistón, para obtener la ignición de la mezcla y asegurar el funcionamiento normal del motor. En condiciones óptimas se logra economizar entre 70 y 85 % del combustible diésel, sustituyéndolo por biogás. El consumo en motores es 0,45-0,54 m³/h por caballo fuerza (HP) de carga, o 0,60-0,70 m³/h por KW de carga, con una presión de 25 a 100 mm de CA. (Guardado Chacon, 2007)*

Ahora, afirmar que esos datos que menciona Guardado Chacón sean erróneos sería un tanto irresponsable, puesto que habría que hacer una prueba en la que podamos concluir si es verdad o no. Pero armar un grupo electrógeno con componentes provenientes de diversos proveedores parece un despropósito teniendo en cuenta que estos sistemas



realmente requieren de mano de obra muy especializada como para pretender que un usuario dedicado a la ganadería tenga la capacidad de calibrar, de modo adecuado, la obra electromecánica. Por otro lado, estos generadores están disponibles con diversos proveedores.

Aclarar que el anterior comentario no tiene la finalidad de desacreditar la investigación realizada por dicho autor, pues al final se están utilizando datos que se consideran valiosos. Entonces, es justo decir que el presente documento no está orientado a la autoconstrucción y por ello la discrepancia de opiniones.

En todo caso, lo cierto es que en México si pretendemos conectarnos a las líneas de transmisión de la CFE nuestros equipos deben estar normados de acuerdo a los requerimientos de la dependencia y a esos valores es a los que nos debemos referir, sobre todo si estamos buscando un apoyo gubernamental.

IMAGEN 09. Valores de Consumo de Planta Generadora de Energía.

Potencia Motor Nominal @ 1800 r.p.m	35 B.H.P
Potencia Motor Continua @ 1800 r.p.m	32 B.H.P
Modelo	LFG096
Tipo de Motor	G4.248
R.P.M.	1800 RMP
Combustible	Biogás
Tipo de encendido	electrónico
Tipo de Aspiración	Natural
Tipo de Inyección	Directa
Número de Cilindros	4
Diámetro	(3.975 pulg) 100.96
Carrera	5 Pulg (127 mm)
Cilindrada	4.1L
Sistema de enfriamiento	50 % agua y 50 % anticongelante
Especificaciones del Aceite del Motor	SAE 20W-50 Norma MIL- 2104D CD Serie 3
Relación de Compresión	12.5:1
Consumo Combustible a plena carga (100%)	22m ³ /hr.

Fuente: (MOPESA, 2018)



La Imagen 09 nos muestra datos de un proveedor de equipos de generación de energía a partir de biogás como combustible. En primera instancia podemos ver que nuestra relación de KVA vs KW se reduce, en números gruesos, a un 80% de eficiencia.

En segundo lugar tenemos que efectivamente la frecuencia en la que se produce la energía en México es a 60HZ, por lo que en ese sentido el equipo es compatible para funcionar con todos los dispositivos que requieran de energía eléctrica para su funcionamiento.

La relación de voltaje es a 220-127v ó 440/254 @ 3F-4H, por lo que ese dato se debe checar en sitio y definir si la infraestructura existente es la adecuada para soportar el equipo o en su caso considerar el equipo de transformación correspondiente. También sería necesario consultar con el proveedor si la relación de transformación puede ser modificada para su compatibilidad con las líneas existentes.

Y lo más importante, dependiendo del modelo de generador, el consumo de biogás por kwh es de 0.72 m3. Entonces, sin más, tenemos los datos para saber el tamaño del biodigestor y el volumen de gas necesario para cubrir una demanda.

4.5 Elección del biodigestor.

Se puede decir que la elección del biodigestor, para generar energía eléctrica, va ligada primordialmente a tres cuestiones básicas:

- Consumo energético;
- Disponibilidad de materia orgánica para la biodigestión; y
- Disponibilidad de espacio.

La ausencia o escasa disponibilidad de cualquiera de estos tres puntos nos llevan a desechar la idea de su implementación. Independientemente de la tarifa contratada o de los posibles apoyos gubernamentales que ya se han descrito anteriormente, podemos observar que el nicho de oportunidad se va reduciendo a medida que empezamos a estudiar más a fondo las posibilidades.

Lo anterior no significa que sea un “*sin sentido*” plantear el uso de estos sistemas, pero es muy cierto que las condiciones deben ser las adecuadas.

En otras palabras, el primer punto lo podríamos traducir en que este documento está dirigido a la “micro-producción” de energía, por lo cual un dato (expuesto anteriormente) importante es que nuestra carga instalada NO debe exceder los 30 kw. Esto debido a que hablamos de tarifas de servicio eléctrico general en Baja Tensión. Ahora, el tema no es tan sencillo como eso, también hablamos en específico de tarifas y es necesario decir, por ejemplo, que todo aquel contrato realizado ante CFE mediante tarifa 9-CU (Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único) difícilmente hará



rentable el uso de estos dispositivos. Dichas tarifas se pueden consultar en el listado de tarifas de la CFE en su página oficial.

En todo caso, nuestro propio consumo energético debe ser suficiente para plantearnos el uso de una tecnología que abarate nuestras necesidades. Esto en consecuencia nos lleva a que tenemos una producción de desechos orgánicos suficientes que son importantes y pueden ser utilizados. En lo sucesivo se mostrarán indicadores que nos permitirán visualizar cuanto se puede producir de biogás por cada cabeza de ganado.

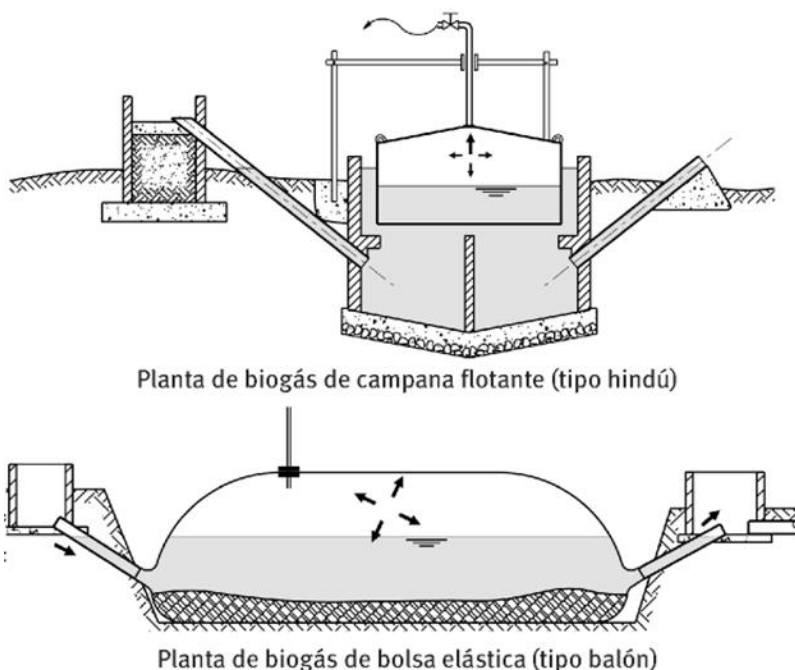
Otro dato que suele ser tomado un tanto a la ligera es el espacio disponible. Por poner un ejemplo, en la localidad de Chipilo, hablamos de un uso de suelo mixto en el que a pesar de su intensa actividad ganadera, esta no es su actividad primaria. La cuestión es que en general los productores ganaderos no disponen de mucho espacio, como lo muestra el Censo de Dueñas 2015, y eso reduce aún más el nicho de oportunidad.

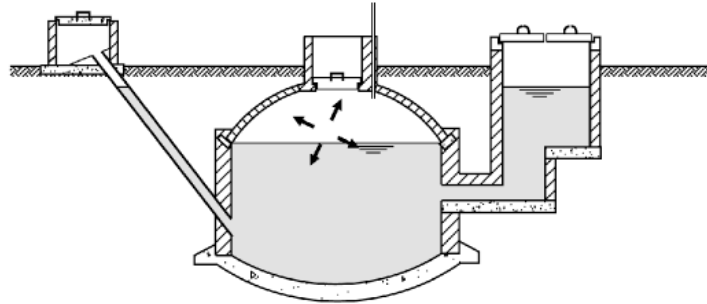
Todos los datos expuestos nos llevan a elegir un biodigestor que por sus propias características nos ayude a tener el volumen suficiente de biogás para hacerlo rentable.

En general, las plantas de biogás más simples que se conocen pueden ser divididas en tres tipos:

- “Campana Flotante”
- “Bolsa Elástica”
- “Cúpula Fija”

IMAGEN 10. Tipos de biodigestores “más simples”





Planta de biogás de cúpula fija (tipo chino)

Fuente: Extraído de (Guardado Chacon, 2007)

Ahora, no se debe perder de vista el tipo de tecnología “disponible” que nos ayudará a producir energía y el consumo de biogás que indica el fabricante, puesto que es muy común que se tomen valores promedio que nada tienen que ver con la realidad. De hecho, es necesario dejar muy claro que los bio-digestores de la Imagen 19 que propone Guardado Chacón no generan el volumen de biogás suficiente para mantener funcionando a un grupo electrógeno de los que existen en el mercado, al menos en el país. Y se hace mención de ello puesto que se puede perder el objetivo cuando hablamos de biogás como un concepto general sin tener claridad de una meta en términos de volumetría.

Para una producción de biogás más importante, la solución estaría en considerar los bio-digestores tipo laguna.

De acuerdo a las *Especificaciones Técnicas para Biodigestores Pequeños tipo Laguna* de la SAGARPA estos nos permiten producción de 150 a 1,150 m³ de biogás diarios y volúmenes del biodigestor de entre 240 y 1600 m³. (SAGARPA, 2013)

El diseño y dimensionamiento de un bio-digestor, según el documento, depende en lo fundamental de los factores siguientes:

- a) *Tipo y composición del material orgánico que se debe emplear para la biodigestión.*
- b) *Demanda de biogás (o biofertilizante).*
- c) *Materiales de construcción que se deben emplear.*
- d) *Tecnologías constructivas apropiadas.*
- e) *Facilidad de explotación y mantenimiento.*
- f) *Posibilidad económica del usuario.*

Estos seis factores pueden ser resumidos en dos:

- Factibilidad de la inversión (necesidad y condiciones creadas).
- Características y situación económica del usuario.



Restricciones para la Ubicación del Sitio de construcción de un bio-digestor según SAGARPA.

Existen dependencias que determinan restricciones o lineamientos que tienen que ser considerados para la ubicación del biodigestor y que SAGARPA aplica a los programas de FIRCO:

- Evitar la cercanía de aeródromos de servicio público o aeropuertos.
- No ubicarlo dentro de áreas naturales protegidas.
- Se deberá instalar a una distancia mínima de 500 m de cualquier núcleo poblacional.
- No ubicarlo en zonas de marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, zonas arqueológicas, fracturas o fallas geológicas.
- La distancia con respecto a cuerpos de aguas superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m como mínimo.
- Se deberá localizar fuera de zonas de inundación.
- La distancia entre el límite del sistema y cualquier pozo de extracción de agua, deberá ser de al menos 500 m.
- El manto freático o aguas subterráneas, deberán encontrarse a una profundidad de al menos 7 metros, para asegurar una distancia mínima entre estas y el fondo del biodigestor de al menos 3 metros.
- Descargas atmosféricas.

Cálculo del Volumen del Biodigestor

El volumen de operación nominal, estará basado en dos parámetros:

- La tasa de carga diaria de sólidos volátiles (VS) por 1000 m³
- El tiempo de retención hidráulica mínima (TRH) adecuada para alcanzar el 60% de destrucción de los sólidos volátiles y que va ligada a la temperatura media del sitio de construcción.

Carga orgánica aplicada al sistema:

$$\text{Carga (kg. SV/ m}^3 \text{ d.)} = \frac{Q \cdot S_o}{V}$$

Dónde:

So = Concentración de SV en el estiércol (Kg./ m³)

SV = Sólidos volátiles

Q = Cantidad diaria de estiércol suministrada al digestor (m³/d.).

V = Volumen del digestor (m³)



Ganado disponible por parte del usuario: 300 Cabezas ganado bovino.

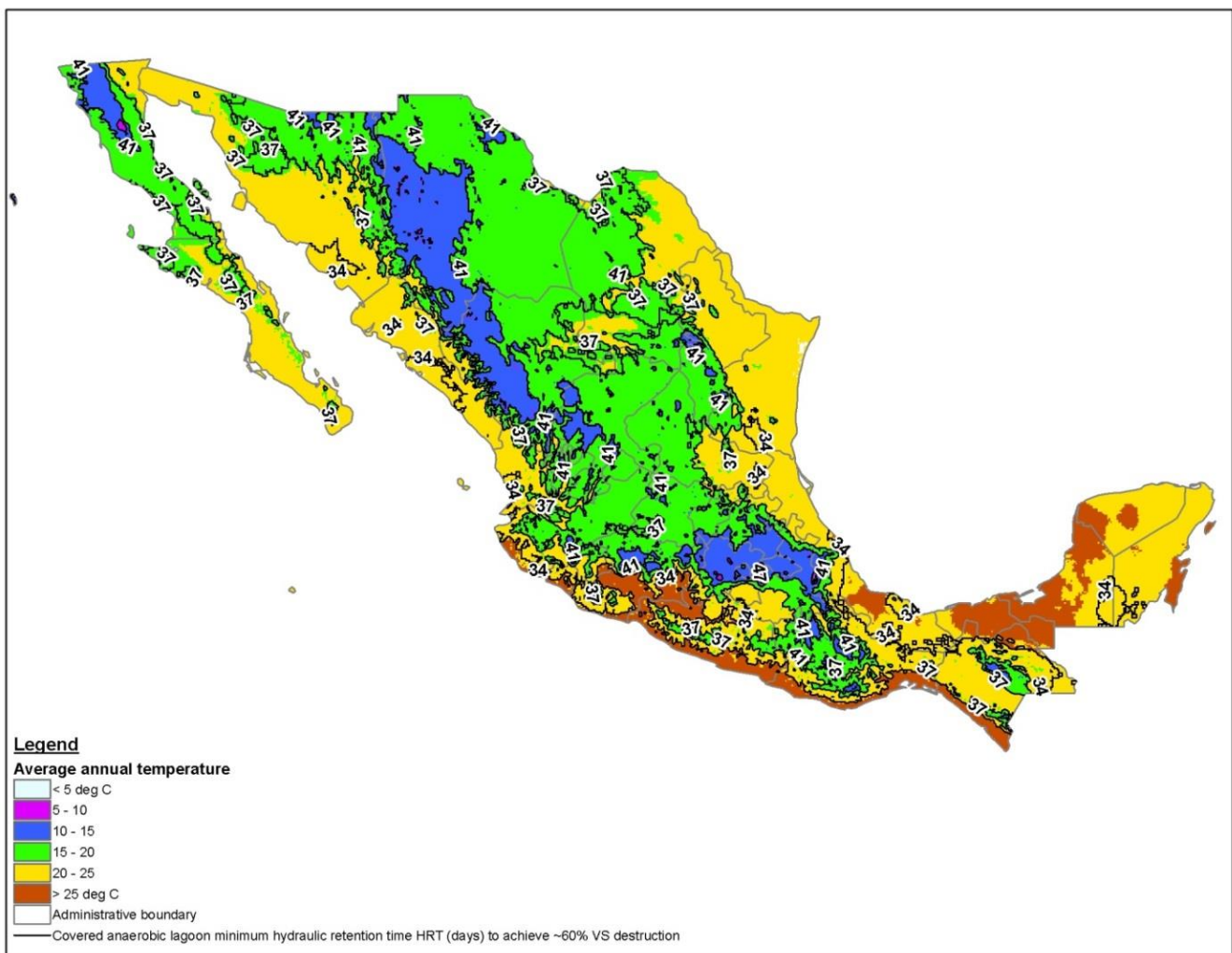
Producción de estiércol: 10 Kg/animal – día. (UN, 1980)

Cantidad de estiércol total (Kg/día) = 300 x 10 kg = 3,000 Kg/día

Densidad del estiércol: 961 Kg/m³

Volumen de estiércol total = 3,000/961 = 3.12 m³/día

IMAGEN 11. Temperatura Media Anual para Determinar el Tiempo de Retención



Fuente: Extraído de (SAGARPA, 2013)



Disolución

Disolución: 1:3 ó $(1/(1+3))$

Volumen de material a bio-degradar: $3.12/0.25 = 12.48 \text{ m}^3/\text{día}$

Tiempo de retención: 30 días (Vázquez Duraña, 2002)

Volumen del biodigestor = $30 \times 12.48 = 374.40 \text{ m}^3$

Volumen de seguridad = 20%

Volumen final del biodigestor = $374.40 \times 1.2 = 449.28 \text{ m}^3$

Tiempo de digestión:

Volumen del Biodigestor = $\theta \times Q$

Tiempo de digestión (θ) = V/Q $(374.40 \text{ m}^3) / (12.48 \text{ m}^3/\text{día}) = 30 \text{ días}$

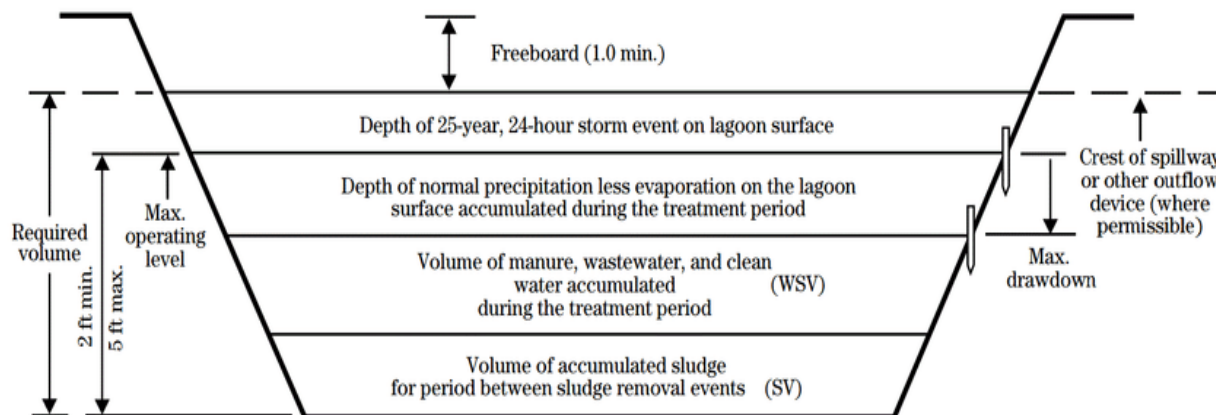
Dónde:

θ = Tiempo de digestión en días

V = Volumen del digestor (m^3)

Q = Cantidad diaria de estiércol suministrada al digestor (m^3/d).

IMAGEN 12. Geometría del bio-digestor tipo laguna



Fuente: (USDA, 2009)

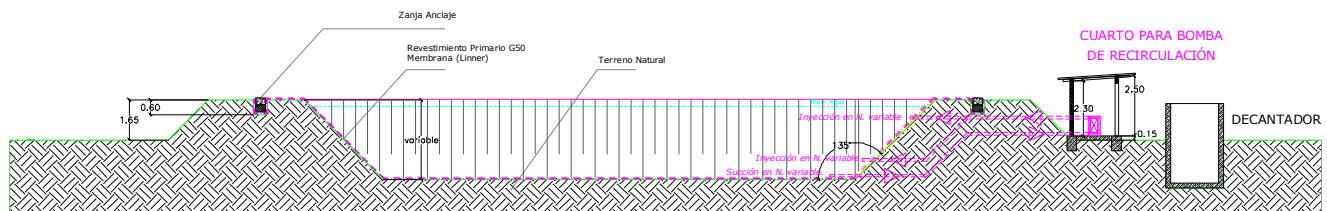


Para el caso de establos lecheros, la información provendrá de la estructura del hato dentro de la explotación y en este caso debido a la estandarización en pesos por unidad productiva en los establos lecheros, la estimación dependerá directamente del número de animales, seguido de la cantidad de estiércol generada por animal. La geometría del Biodigestor se muestra en la “Imagen 12”.

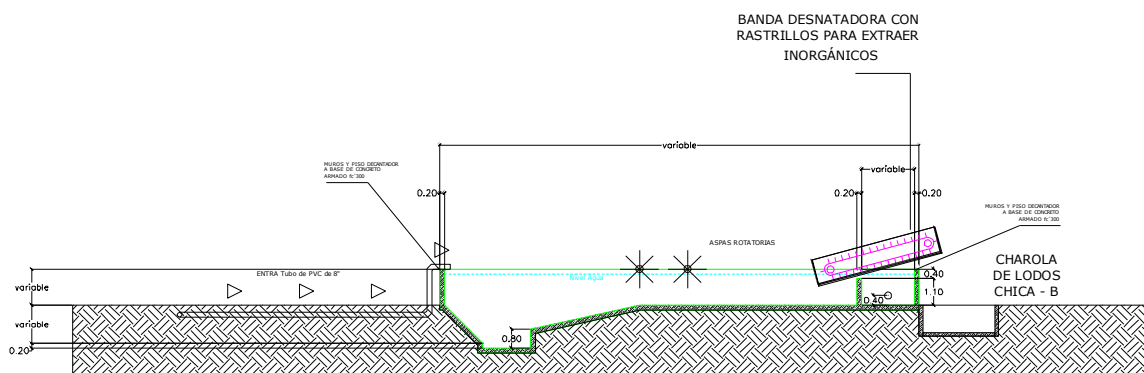
De acuerdo a las Especificaciones Técnicas mencionadas el sistema consiste de un proceso centralizado de manejo de excretas, procedentes de animales estabulados en explotaciones tecnificadas o semi-tecnificadas de cerdos y vacas lecheras con poblaciones que van desde los 500 a 3,000 y 100 a 600 animales respectivamente, considerando en el caso de los cerdos, unidades productivas con poblaciones en diferentes etapas reproductivas, por lo que, para la determinación de los kg de generación de excretas, se deberá incluir esa variación en cálculos, las cuales son enviadas a un biodigestor pequeño tipo laguna cubierta, con un sistema de agitación y remoción de lodos, una laguna secundaria, un sistema de recolección, conducción y utilización energético del biogás y un quemador.

En las Imágenes 13 y 14 se muestran cortes y un esquema que ilustran el tipo de recursos materiales (terreno) de los que debemos disponer.

IMAGEN 13. Cortes de bio-digestor tipo laguna



Corte Biodigestor tipo Laguna

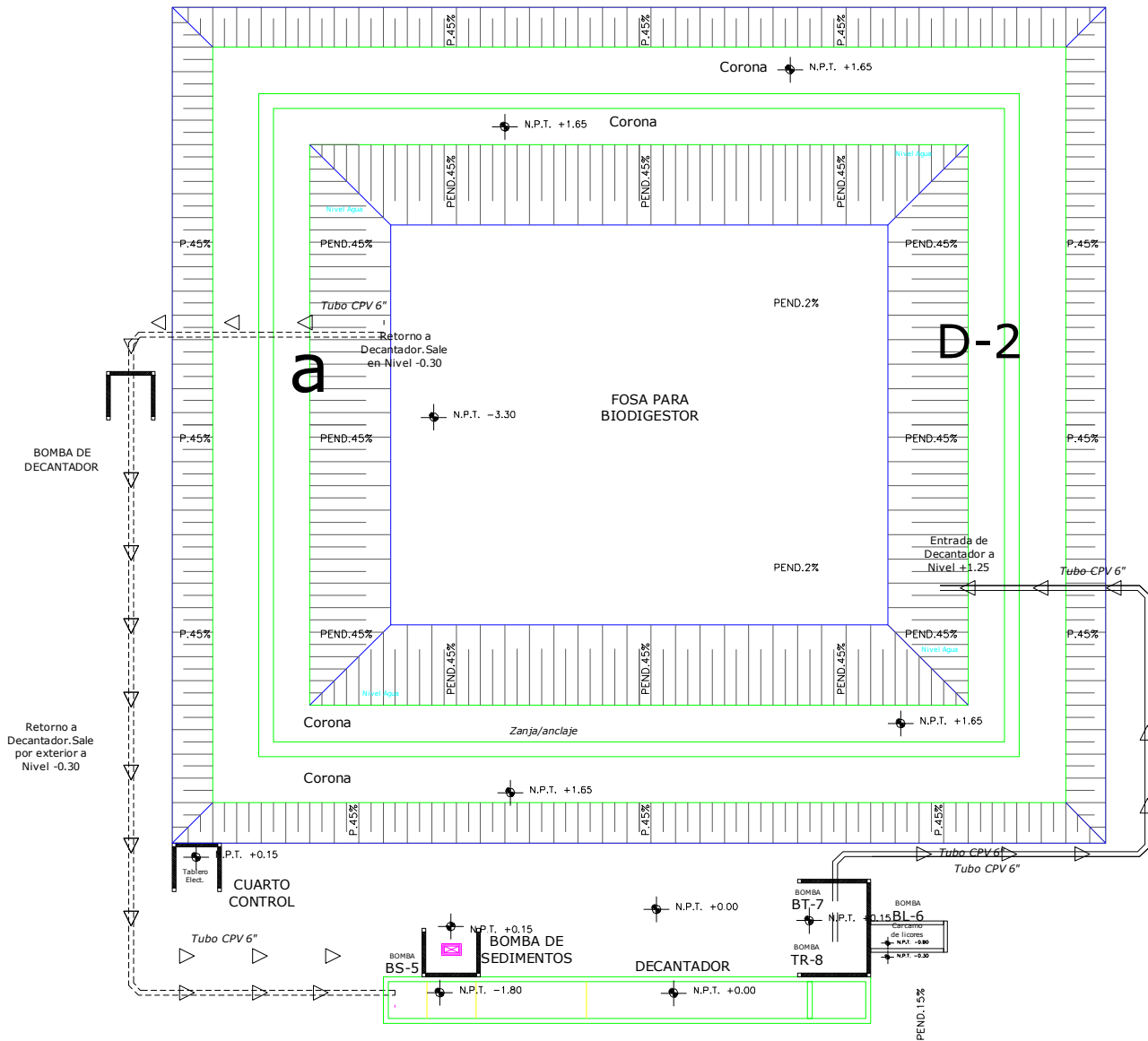


Corte Longitudinal Decantador

Elaboración Propia: Fuente (SAGARPA, 2013)



IMAGEN 14. Planta de bio-digestor tipo laguna



Elaboración Propia: Fuente (SAGARPA, 2013)

Producción de Biogás vs Producción de Energía.

Tomando en cuenta los datos de *Varnero y Arellano 1991* tenemos que por cada Unidad Ganadera (UG) se producen 0.40 m³ de biogás al día.

Tomando el número de cabezas de ganado expresadas en el documento tenemos lo siguiente:



VB (Volumen de Biogás) = 300 UG x 0.40 m³ al día

VB=

120 m³

De acuerdo a la "IMAGEN 09" tenemos que el motor de combustión requiere de un aproximado de 22m³ / hr trabajando a tensión plena, lo cual nos arroja los siguientes resultados:

Horas de trabajo al día (HTD)= VB / VBTP

Dónde:

VBTP: Volumen de biogás a tensión plena

HTD= (120 m³) / (22m³/hr)

HTD =

5.45 hr.

Si hacemos la conversión a una cantidad de energía debemos referirnos a la potencia del generador eléctrico en donde:

Potencia del generador: 25 kwp.

Horas de trabajo al día: 5.45 hr.

Kwh= 25 kwp x 5.45 hr

Kwh=

136.25 kwh



4.6 Infraestructura del Sitio

La infraestructura eléctrica es un tema de mucho interés. Es muy común que cuando se habla de la infraestructura eléctrica existente, los datos únicamente nos remitan a que un porcentaje de la población “*cuenta con el servicio de energía*”. Lo cierto es que para hablar de interconexiones a la Red del Suministro Eléctrico se debe ir más a fondo. Ya se ha mencionado que la interconexión para usuarios con servicio de uso residencial se puede efectuar siempre y cuando no sea mayor a 10 kW y para usuarios con servicio de uso general en baja tensión hasta 30 kW, pero esos datos significan algo.

Usuarios Domésticos

En otras palabras, si como usuario de una tarifa doméstica se pretende generar energía e interconectar el sistema a la red eléctrica, la propia instalación deberá funcionar @ 1F – 3H, 120-240v. En la página de la CFE se puede encontrar más información acerca de las tarifas existentes.

Ahora, como podemos observar la tarifa doméstica difícilmente encaja con el tipo de usuario que realmente amerite el uso de un sistema de generación de energía alimentado por biogás. Los términos para interconectarse a las redes de la CFE nos limitan, por cuestiones de infraestructura, a un valor que no debemos exceder de 10 kw.

Traduciendo los datos expuestos, el término “Kilowatt hora” (kwh) es una cantidad de energía reflejada en un periodo de tiempo. Si yo produzco una potencia de 10kw en un lapso de 10 horas, entonces podremos decir que el total de la producción es de 100 kwh (ver tabla 29).

Tabla 29. Acumulado de KWh

Potencia	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw	10 kw
Suma energía	10kwh	20kwh	30kwh	40kwh	50kwh	60kwh	70kwh	80kwh	90kwh	100kwh
Línea de tiempo	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	8 hr	9 hr	10 hr

La CFE nos permite hacer contratos de energía eléctrica en tarifa 1 con los siguientes datos:

Tensión: 127V

Fases; 1F. + Neutro

Tarifa DAC (Doméstica de Alto consumo):

Tensión 120/240 V

Fases: 2F + Neutro



IMAGEN 15. Transformador 15 kva 1F – 3H, Chipilo de Francisco Javier Mina.



Fuente: Extraído de Google Earth 08/05/2016

La imagen presentada nos muestra los transformadores que abastecen de energía a varias viviendas de la localidad, y en este punto la limitante de 10kw para interconexión a la red de baja tensión tiene sentido, pues de otro modo estaríamos sobrepasando la capacidad de la infraestructura. En otras palabras, el equipo existente es un transformador tipo poste monofásico autoprotegido de 15 kva, con tensión primaria de 13.2 kv y secundaria de 120/240v.

Usuarios Servicio General

Un “usuario general” para servicio en baja tensión, a diferencia del doméstico, puede hacer un contrato para suministro de energía @ 3F – 4 H. En consecuencia, para este tipo de usuario su demanda energética es mucho mayor y por sus propias actividades, lo hacen encajar en un usuario factible para generar energía eléctrica de un modo rentable.

Tarifas 2 y 3

Tensión 220/127 V

Fases: 3F + Neutro



IMAGEN 16. Transformador 45 kva 3F – 4H, Chipilo de Francisco Javier Mina.



Fuente: Extraído de Google Earth 08/05/2016

La infraestructura existente nos muestra un transformador tipo poste trifásico de 45 kva, con tensión primaria de 13.2 kv y secundaria de 220/127. Al igual que con la infraestructura para usuarios domésticos, podemos observar la potencia límite para producir energía corresponde en gran parte a los equipos con los que cuenta la propia red de energía, pues de otro modo estaríamos sobrepasando la capacidad del equipo.

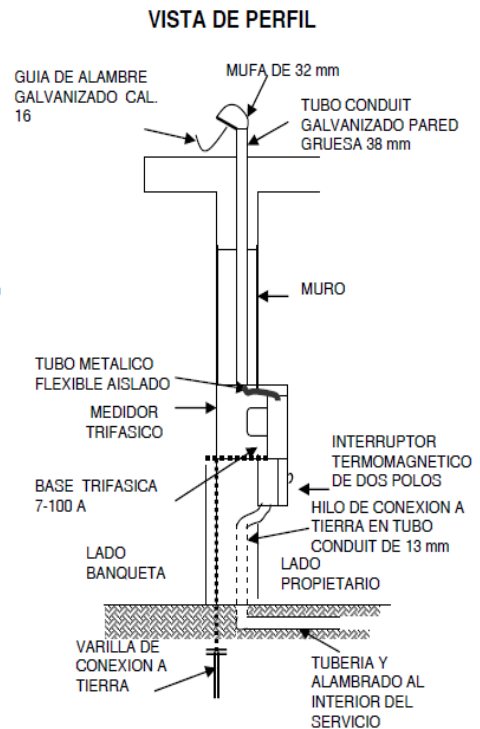
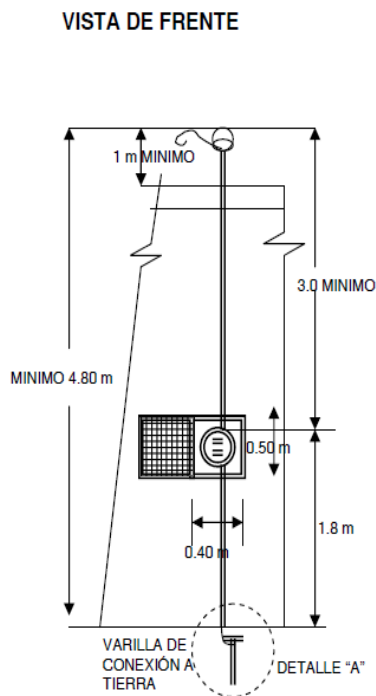
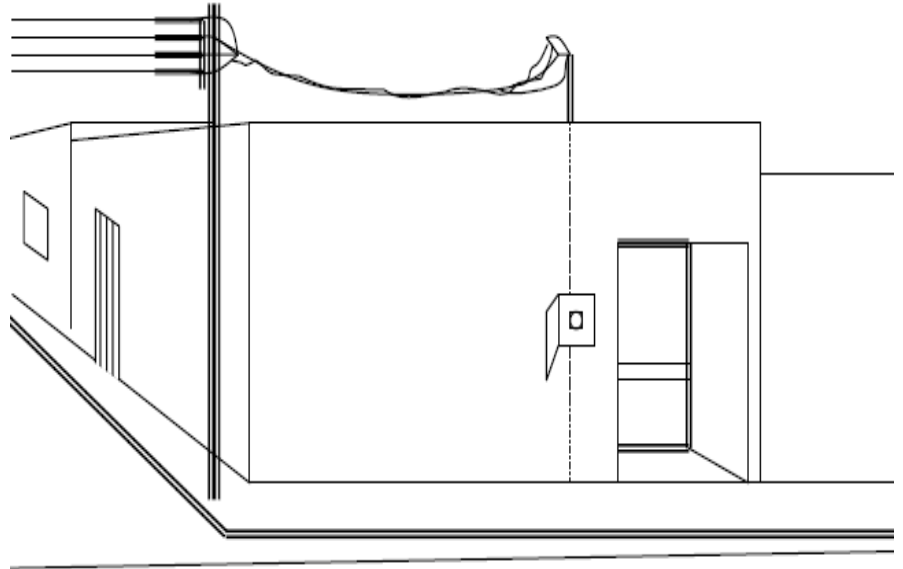
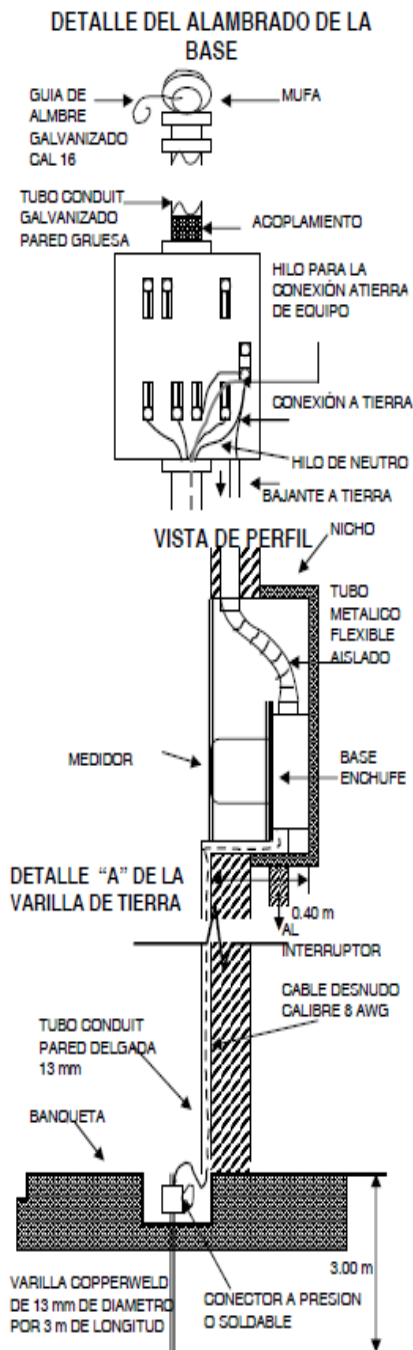
Ahora, todo esto no quiere decir que por ningún motivo se pueda producir una cantidad mayor de energía, pero si fuera el caso es necesario considerar la interconexión en Media Tensión y con el costo que ello representa. En este documento se pretende alentar el uso de estos dispositivos para “microproductores” y por ello la insistencia de marcar estos límites que nos remiten a este tipo de usuarios.

Los contratos hechos bajo el esquema de “Tarifa 1”, “Tarifa DAC”, Tarifa 2 y Tarifa 3 se hacen en baja tensión (@220/127 ó 120/240). Y un modo muy simple de entenderlo sería visualizando a un usuario que tiene la obligación de poner una base para medición (ya sea de 4, 5 o 7 mordazas) para que la CFE, en su momento, pueda poner el medidor correspondiente como se muestra en la Imagen 17.

Los contratos en media tensión no son objeto de este estudio, sin embargo se muestra en la Imagen 18 la obra adicional que se debe considerar para llevarlo a cabo. Ello implica un costo adicional y se debe evaluar la pertinencia de dicha obra.



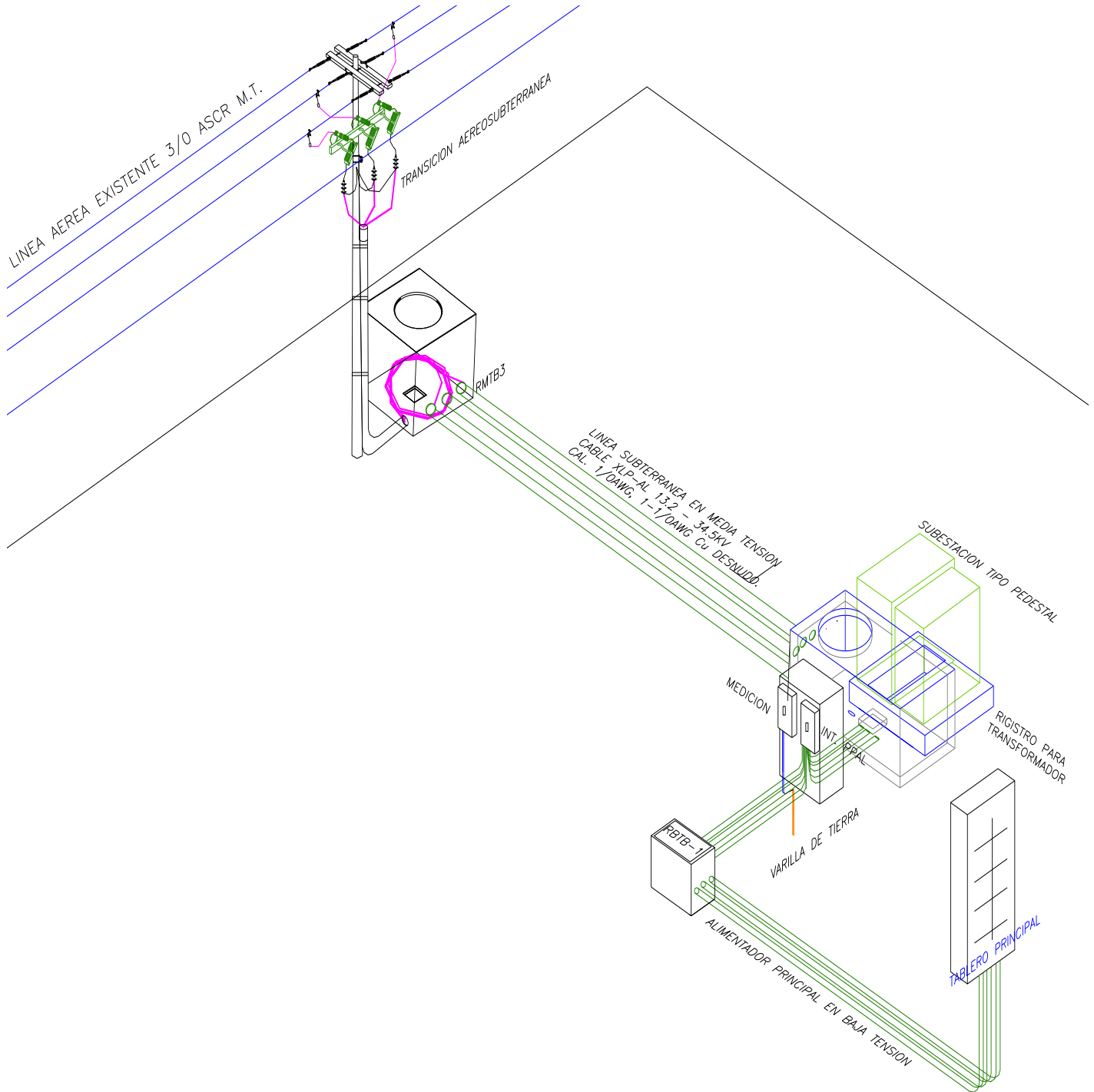
IMAGEN 17. Preparación para Servicio Trifásico 4 Hilos hasta 25 kw de Carga Contratada.



Fuente: Extraído CFE de acuerdo a especificación **DCMIA300**



IMAGEN 18. Preparación para Servicio Trifásico 4 Hilos superior a 25 kw de Carga Contratada.



Fuente: Extraído CFE de acuerdo a especificación **DCMMT400**



4.7 Evaluación económica

Se puede decir que la rentabilidad establece la eficiencia con la cual se utilizan los recursos financieros. Cuando se es eficiente se puede afirmar que no se desperdician recursos y en consecuencia podemos obtener beneficios. Estos recursos son, por un lado, el capital y en determinado momento, una deuda. A esto hay que añadir las reservas, es decir, los recursos económicos obtenidos y que nos permiten autofinanciarnos. Si una empresa utiliza unos recursos financieros muy elevados pero obtiene unos beneficios pequeños, pensaremos que ha “desperdiciado” sus recursos, o sea, ha utilizado muchos recursos y ha obtenido pocos beneficios con ellos. Los indicadores de la rentabilidad que se emplearán nos determinarán la propia viabilidad de un proyecto y los podemos definir de la siguiente manera.

- *Valor Actual Neto (VAN).- Es el resultado de sumar los flujos de fondos que tienen lugar durante el horizonte de la inversión incluyendo el desembolso inicial actualizados según una tasa de interés determinada. El concepto de flujos se refiere a ingresos y egresos periódicos. De este modo se miden ingresos que puede aportar un proyecto medido en moneda teniendo como referencia al momento inicial. Si el $VAN > 0$ implica un proyecto rentable. Si el $VAN < 0$ significa que el proyecto no es rentable; cuanto mayor es el VAN más rentable es el proyecto. (Mete, 2014)*

Gráfico 02. Horizonte de Planeación y Periodo de Operación



Elaboración Propia.



- Análisis de Punto de Equilibrio (PE).- Nos permite visualizar el mínimo de ventas que un negocio requiere para cubrir la totalidad de sus gastos. Nos permite proyectar ganancias o pérdidas ante cambios en precios de venta, nivel y estructura de costos, y volúmenes de venta (Mallo et al., 2004). De esta idea cabe aclarar que se debe fijar un esquema de generación de energía para hacer un contrato con la CFE. Un contrato de interconexión con la CFE pudiera no representar en su cabalidad el concepto de “negocio”.

Su fórmula general es:

$$\text{PE} = \text{costos fijos} / (\text{precio de venta} - \text{costo total variable unitario})$$

Es decir, una empresa con costos fijos de 1,000; precio de venta de 10; y costo variable unitario de 8, el punto de equilibrio operativo sería 500 unidades.

De modo particular se pretende abatir un consumo energético, pero ello no implica que se tenga que obviar este estudio puesto que de cualquier modo la operación y mantenimiento de la planta de generación de energía conlleva en sí flujo de efectivo y se debe generar el suficiente volumen de energía para que el sistema sea viable. Por la escala a la que está orientado el presente estudio se puede pensar que los costes de mano de obra para el traslado y manejo de residuos sean por cuenta del propio usuario, pero aun con ello existen gastos que se deben considerar.

El hecho de clasificar los costos en variables y fijos nos permite visualizar una mayor claridad de la estructura de costos y que tantos riesgos se asumen en el proceso del retorno de la inversión. La generación de energía a partir de biogás es un caso muy particular en el sentido de que si, por algún motivo, el generador de energía sufre alguna avería, suena poco probable que se pueda almacenar un volumen de biogás que se está produciendo continuamente. Por lo que esas horas (no programadas) en las que sea imposible generar energía, simplemente se pierden de modo permanente.

Los sistemas de costos en la mayoría de los casos no ofrecen la información de modo tan sencillo para hacer el análisis de punto de equilibrio. De requerirse, es necesario hacer la clasificación y los cálculos en forma separada.



- Ciertos insumos pueden resultar con cierta dualidad cuando pretendemos separar los costos en fijos y variables:

¿La operación de la planta es un costo fijo?

¿Existen costos variables adicionales fuera del pago de contraprestaciones?

¿Cómo podríamos clasificar el costo de un Kwh?

Los documentos que estudian los análisis de costos o utilidades refieren que el punto de equilibrio operativo debe tener las ventas suficientes para cubrir el total de costos operativos. Pero en el caso particular, hablando de generar energía para autoconsumo, no resulta sencillo hablar del concepto de ventas pues finalmente la energía representará un ahorro, solo eso.

Por otro lado tenemos que visualizar que hay un punto de equilibrio “financiero” y este resulta de sumar costos fijos y los pagos por intereses (si es que los hay) para establecer una cantidad de ventas que pueda cubrir los costos operativos y el costo de las deudas contraídas.

En el ejemplo expresado anteriormente, si el costo financiero (por operación y otros) es de 200, tendríamos un punto de equilibrio de 600 unidades. Lógicamente es superior al punto de equilibrio operativo de 500 unidades, pues ahora se está considerando un costo adicional.

- *La Tasa de Recuperación Mínima Aceptable (TREMA) representa el porcentaje mínimo de retorno que cualquier organización pretende obtener sobre una inversión inicial en un proyecto determinado. La principal condicionante es que la TREMA debe ser mayor que la Tasa Interna de Retorno (TIR) (Coss Bu, 1995). Las propias reglas de operación del FIRCO establecen una TREMA mínima del 10%.*
- *La Tasa Interna de Retorno en términos económicos, representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. El saldo no recuperado de una inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto, puede ser visto como la porción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese tiempo (Coss Bu, 1995).*



- El saldo no recuperado de una inversión al tiempo t , se evalúa de acuerdo a la siguiente expresión:

IMAGEN 17. Fórmula para el Cálculo de la TIR

		t	
F_t	=	$\sum_{j=0}^t$	$S_j(1+i^*)^{t-j}$
		$j=0$	

Elaboración Propia. Fuente: (Coss Bu, 1995)

- En otras palabras, la ecuación tiene como objetivo aclarar las siguientes condicionantes:
 - o Si la TIR > TREMA entonces el proyecto es viable.
 - o Si la TIR < TREMA entonces el proyecto NO es viable.

En realidad, hay varias medidas posibles de rentabilidad, pero todas tienen la siguiente forma:


$$\text{Rentabilidad} = \text{Beneficio} / \text{Recursos Invertidos}$$

El beneficio debe dividirse por la cantidad de recursos financieros utilizados, ya que no nos interesa que una inversión genere beneficios muy altos si para ello tenemos que utilizar muchos recursos. Una inversión es tanto mejor cuanto mayores son los beneficios que genera y menores son los recursos que requiere para obtener esos beneficios.

¿Podríamos utilizar simplemente el beneficio como medida de rentabilidad? Claramente no: puede que tengamos un beneficio aparentemente alto, pero si no sabemos qué recursos se han utilizado y los tiempos en los que se invierten, no podremos decir nada acerca de su eficiencia.




Tabla 30. Escenario de Inversión 1

<i>T</i>	Inicio (0)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Flujo de Efectivo (PAGO)	- 1,000.00	350.27	350.27	350.27	350.27
Saldo al Inicio del año		→ 1,000.00	→ 799.74	→ 569.43	→ 304.58
Interés sobre saldo (15%)		- 150.00	- 119.96	- 85.41	- 45.69
Saldo al final del año (Σ)	- 1,000.00	- 799.74	- 569.43	- 304.58	- 0.00

Aplicando Fórmula tenemos que TIR = **15.00%**

Tabla 31. Escenario de Inversión 2

<i>T</i>	Inicio (0)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Flujo de Efectivo	- 1,000.00	150.00	150.00	150.00	1,150.00
Saldo al Inicio del año		→ 1,000.00	→ 1,000.00	→ 1,000.00	→ 1,000.00
Interés sobre saldo		- 150.00	- 150.00	- 150.00	- 150.00
Saldo al final del año (Σ)	- 1,000.00	- 1,000.00	- 1,000.00	- 1,000.00	-

Aplicando Fórmula tenemos que TIR = **15.00%**

Elaboración propia. Fuente: Ejercicio Basado en (Coss Bu, 1995) pp.76.

En las tablas anteriores se muestran dos escenarios en los que la TIR representa el mismo porcentaje (15%), sin embargo los flujos de efectivo varían en monto, es decir, las inversiones son distintas en un mismo horizonte de tiempo. En otras palabras, una mala planeación nos obligará irremediablemente a invertir cantidades de dinero no deseadas.

Para el caso de los apoyos gubernamentales, no se debe perder de vista que por ejemplo, el FIRCO en sus Reglas de Operación para el ejercicio 2016, en el Artículo 282 (criterios de selección) Fracción III, inciso C menciona que *NO serán elegibles los solicitantes que en sus proyectos registren al menos uno de los siguientes supuestos:*

- TIR (Tasa Interna de Retorno) menor a 10%;
- VAN (Valor Actual Neto) menor o igual a cero o no especificado;
- Relación B/C (Beneficio/Costo) menor o igual a 1, o no especificada;
- Carezca de vías de acceso o de infraestructura eléctrica.



Por lo anterior, como se ha mencionado en el capítulo 3 del presente documento, la evaluación financiera debe contener:

- Flujo de efectivo;
- Tasa Interna de Retorno;
- Punto de Equilibrio;
- Valor Actual Neto;
- Proyección financiera actual y proyectada a 5 años (ingresos/egresos).

Un buen inicio sería realizar un inventario de costos fijos y variables en una proyección determinada:

Tabla 32. Gastos Fijos y Variables de la Inversión

Concepto	Gasto Fijo	Gasto Variable
Gastos de Operación (personal)	X	
Gastos de Operación (Equipo y Herramienta)	X	
Consumibles (filtros, bandas tec)		x
Mantenimientos preventivos.	X	
Mantenimientos correctivos.		x
Permisos y trámites		x
Subcontrataciones (limpieza, seguridad y otros)		x
Costo por sub-producción		x
Total de Gastos	Σ	Σ

Elaboración propia.

Los ingresos que se prevé obtener de la puesta en marcha de la unidad productiva proceden en su mayor medida de los ingresos por la venta la producción de energía.

Sin embargo se pueden considerar otras fuentes de ingresos auxiliares cuyo coste de puesta en marcha supone un esfuerzo menor frente al beneficio a obtener.

La principal fuente alternativa de ingresos es la venta de los subproductos obtenidos en la biodigestión, esto por la obtención de fertilizantes “orgánicos” de alta calidad y de inmediata disponibilidad para los cultivos y que se puede integrar fácilmente al sistema de producción.



Para el cálculo de la **TIR** se han considerado los siguientes parámetros:

- Horizonte de la inversión: 5 años (como lo indican las reglas de operación del FIRCO)
- TREMA 10% (como lo indican las reglas de operación del FIRCO).

En la obtención de los distintos flujos de fondos de cada año se han considerado los siguientes conceptos:

- Fondos Generados: Es el resultado neto de la suma de ingresos totales menos la suma de costes totales. En este caso los fondos generados se obtienen de:

FG= Ingresos Totales – Costes Fijos – Costes Variables.

Para calcular el flujo anual de fondos se debe considerar lo siguiente:

-Inversión efectuada en el año (t)

+ Fondos generados

+Ingresos por venta de producción

+Ingresos por venta de residuos (abono orgánico) (variable)

-Costes fijos

-Costes variables

-Intereses.

Otros aspectos a considerar.

- **ISR:** *El Impuesto Sobre la Renta (ISR) es aquel impuesto que se paga sobre la base de los fondos generados menos las amortizaciones de capital invertido.* En la reforma publicada el 30 de noviembre de 2016 se considera una tasa del 30%.

Cabe aclarar que este impuesto tendrá un impacto distinto en función del contrato de interconexión que se firme para el caso de los contratos de Generación Distribuida o incluso a las personas que pretenden integrarse al mercado eléctrico mayorista.

La que se plantea en el presente ejercicio es un contrato en la modalidad de *Medición Neta de Energía* y como tal no existiría una ganancia tangible que no sea la de abatir un consumo energético.



4.8 Estudio de Rentabilidad.

En el esquema en que se está planteando la rentabilidad se resume a un consumo determinado que debemos abatir, para lo cual debemos observar lo siguiente:

Tenemos un recibo con un contrato en tarifa 2 Y un servicio general de hasta 25 Kw de demanda. Propiamente el generador, al solo producir 25 kw hace que estemos dentro de un rango aceptable para generar energía en esa tarifa. Sin embargo esto no significa que necesariamente sea la única solución viable para arreglar los problemas de consumo derivado del contrato vigente por parte del usuario.

Lo que la CFE menciona al respecto es que la tarifa 2 se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

IMAGEN 18. Recibo CFE "Usuario Anónimo"

AVISO RECIBO

CFE Comisión Federal de Electricidad
 Calle de la Independencia s/n, Col. Centro, México, D.F. C.P. 06000
 01 216990502920

Nombre y Domicilio

**LA PERSONA DUEÑA DEL RECIBO
 PREFIERE PERMANECER ANÓNIMA AÚN
 CUANDO DIÓ SU CONSENTIMIENTO PARA
 PUBLICAR EL PRESENTE DOCUMENTO.**

Cuenta	Uso	Tarifa	Hilos
	General < 25KW	02	3

Medición de consumo

Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
5TV212	20491	12740	1	7751
5TV212	0.28	0.0	1	0.28
5TV212	21907	21207	1	700

Apoyo gubernamental

Información importante
 Corte a partir de 15 MAR 16.
 Su consumo de energía eléctrica está dentro del rango excedente.

Periodo Consumo	Días	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
30 DIC 15 AL 27 FEB 16	59	131.3	456.70

Facturación

Concepto	kWh	Precio	Subtotal
1er. Escalón	100	2,185	218.60
2do. Escalón	100	2,640	264.00
Excedente	7,551	2,907	21,950.75
Cargo fijo (2)		59,270	196.64
Suma	7,751		22,539.89

Importe de la facturación

Energía	22,539.88
Bonificación Factor de Potencia	-540.95
Subtotal	21,998.93
IVA 16%	3,519.83
Fac. del Periodo	25,518.76
DAP	1,429.93
Adesivo Anterior	24,148.69
Su Pago	-24,148.00
Total	\$26,949.38

La gráfica representa tu consumo de energía y el nivel de uso.

Fecha, hora y lugar de impresión: 02 MAR 15 07:30:46 hrs. 3 Norte Num 5 Centro San Pedro Cholula Puebla México CP 72760

Número de servicio: 216990502920 -555- Total a pagar: **\$26,949.00**
 01 216990502920 150314 000026949 0
 (VEINTISEIS MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.)

Cuenta: 01DV07D012332977 Clave de envío: Repartir

Fuente: Usuario Anónimo.



Las cuotas vigentes para el mes de Mayo de 2016 publicadas en la página de la CFE son las siguientes:

- Cargo Fijo: \$58.62
- Por cada uno de los primeros 50 Kwh (mensual) \$2.004
- Por cada uno de los siguientes 50 Kwh (mensual) \$2.417
- Por cada kwh adicional a los anteriores (mensual) \$2.664

Es decir, en el caso de que tengamos un consumo de 8,000 kwh bimestral nuestro recibo tendría los siguientes conceptos para cobro:

1er. Escalón 100 kwh x 2.004=	\$ 200.40
2do. Escalón 100 kwh x 2.417=	\$ 241.70
Excedente 7,800 kwh x 2.664=	\$ 20,779.20
Cargo fijo (x dos meses) 58.62=	<u>\$ 117.24</u>
Subtotal:	\$ 21,338.54
I.V.A. 16%	<u>\$ 3,414.17</u>
Facturación del Periodo	\$ 24,752.71
DAP 6.5%	<u>\$ 1,387.01</u>
Total.	\$ 26,139.72

Aclarar que el cobro del Derecho al Alumbrado Público (DAP) es un impuesto que muchos consideran ilegal, por tal motivo este impuesto no aplica a todos los municipios del país y también los porcentajes de cobro son distintos en cada municipio que tiene convenio con la CFE para su cobro. En este caso el tasa a cobrar por este concepto es del 6.5% sobre el monto sin i.v.a. del recibo.

Ahora, establecer costo preciso por kwh resulta una tarea prácticamente imposible tomando en cuenta que existen variables a la hora de que la C.F.E. nos factura nuestro consumo del mes.

Para tener una idea más acertada de nuestro costo por concepto de energía no hay otra salida que obtener un historial que en el que podamos plasmar un patrón de consumo energético y en consecuencia un costo promedio más acertado de nuestro consumo.



La siguiente tabla nos muestra el historial de consumo de los dos últimos años del usuario:

Tabla 33. Detalle de Facturación

Periodo de Facturación				Kwh	Importe	costo por kwh
del	30-oct-15	al	30-dic-15	6,749	24,148.00	3.58
del	29-ago-15	al	30-oct-15	6,969	25,349.00	3.64
del	30-jun-15	al	29-ago-15	7,034	25,468.00	3.62
del	30-abr-15	al	30-jun-15	9,426	33,926.00	3.60
del	28-feb-15	al	30-abr-15	10,361	37,438.00	3.61
del	30-dic-14	al	28-feb-15	9,690	35,127.00	3.63
del	30-oct-14	al	30-dic-14	7,913	29,044.00	3.67
del	29-ago-14	al	30-oct-14	7,822	29,790.00	3.81
del	01-jul-14	al	29-ago-14	6,763	26,241.00	3.88
del	30-abr-14	al	01-jul-14	8,577	31,069.00	3.62
del	08-feb-14	al	30-abr-14	8,374	29,511.00	3.52

Elaboración propia: Fuente: Usuario Anónimo

Con ello podemos observar los siguientes datos:

- El costo promedio por kwh es de \$ 3.65;
- El consumo promedio bimestral en kwh es de 8,153.

Entonces tenemos un consumo definido y un costo promedio por kwh, lo que nos lleva necesariamente a preguntarnos: ¿qué es lo que hay disponible en el mercado para generar tal cantidad de energía? Y la respuesta es simple, por parte del proveedor MOPESA se oferta una planta generadora de 25kw, funcionamiento con biogás y una relación de 440/254v. ó 220/127v, 3F-4H.

Lo primero que debemos saber de una planta generadora es que su vida útil y sus periodos de mantenimiento se miden en horas. Ahora, a nivel comercial podemos encontrar una planta que nos genera un mínimo de 25 Kw. Esto nos deja en el escenario en el que solo podemos generar energía e interconectarnos a la Red de la CFE como usuario general de Baja Tensión, es decir, menor a 30 Kwp.

Las características técnicas (reales) del equipo de generación de energía son las siguientes:

-Planta de Generación Eléctrica con motor Econogas de 60 BHP con gas natural y Generador marca WEG de 30 Kw gas lp, 25 kw metano. (versión sincronía). (Motor de combustión interna a Biogás de 60 BHP a 1800 RPM marca Econogas aspiración natural



y gobernanación electrónica, equipo de ignición IDIS con control por computadora, sistema de carburación de gas con control electrónico.

- Generador WEG de 30 Kw / 25 Kw con regulación electrónica a 220 Vca o 440 Vca.

- Tablero de Sincronía en donde la capacidad=

$$A = Kw / (\sqrt{3} * V)$$

$$\text{Por lo cual tenemos: } A = 25 / (1.732 * 0.22) = 65.61 \text{ A.}$$

$$\text{Factor de protección} = 65.60 * 1.25 = 75.76 \text{ A} \sim 80 \text{ A}$$

- Consumo de Biogas / hr. 22 m3

Ahora, ya se tienen un buen número de datos y es necesario ubicarlos en la misma escala de tiempo, es decir, tenemos un consumo bimestral, un consumo de biogás por hora y un equipo al que hay que mantener funcionando por un determinado periodo de tiempo. Para lo cual tenemos lo siguiente:

- Consumo en Kwh mensual = 4,077
- Periodo de funcionamiento de la planta de energía:
 - o $4077 \text{ kw h} / 25 \text{ kw} = 163 \text{ h.}$
 - o $163 \text{ h} / 30 \text{ días} = 5.43 \text{ horas} / \text{ día}$
- Consumo de biogás diario:
 - o $5.43 \text{ horas} \times 22 \text{ m}^3/\text{hora} = 119.46 \text{ m}^3$

Estos datos nos remiten a la cantidad de ganado necesaria para obtener un volumen de biogás aceptable. Pero por otro lado también se puede observar que la planta generadora de energía estaría un tanto subutilizada y que quizás la TIR mínima para hacer viable la generación de energía bajo este esquema no sería aceptable. Entonces ¿cuál sería una recomendación razonable para un problema como este?, sin duda alguna el porteo de la energía producida, siempre y cuando se tenga un lugar a donde trasladar esa producción y se tenga la cantidad de ganado suficiente para producir más energía. Otra opción sería un contrato mediante el esquema de generación distribuida explicada en el capítulo 3.



Determinación de la TIR

Tabla 34. Cálculo de la TIR

Concepto	U	Cantidad	P.U.	Total
Inversión Inicial				
Equipo Mayor	lote	1.00	755,478.88	755,478.88
Obra Complementaria	lote	1.00	165,000.00	165,000.00
Biodigestor	lote	1.00	480,000.00	480,000.00
Permisos y Trámites	lote	1.00	5,000.00	5,000.00
				1,405,478.88
Inversión Propia 70%				913,561.27
Apoyo Firco 30%				491,917.61

De acuerdo a Reglas de operación FIRCO 2016 en el Art. 282 (criterios de selección) Fracción III, inciso C menciona que:

- a) - TIR (Tasa Interna de Retorno) no debe ser menor a 10%
- b) - El horizonte de la Inversión debe ser de un Máximo de 5 años ó 60 meses.

Componente disponible para la solicitud de recursos:

--- Componente de Sustentabilidad Pecuaria

Concepto de Apoyo:

Infraestructura y Equipo para cubrir aspectos sanitarios y para llevar a cabo el manejo de y aprovechamiento de las excretas de los animales.

Montos del Apoyo:

El monto máximo de apoyo federal por persona física será de hasta \$500,000.00 El monto máximo de apoyo federal por persona moral será de hasta \$5,000,000.00, el monto máximo por persona física integrante de la persona moral será de hasta \$500,000.00 La aportación federal, será de hasta el 35% del valor del proyecto, para productores ubicados en localidades de alta y muy alta marginación. Municipios de la Cruzada Nacional contra el Hambre, podrá ser hasta del 70% del valor del proyecto.



Costo Variable Unitario**a) Mantenimiento**

Incremento Anual

Ver. *IMAGEN 29*

Costo por Mantenimiento Menor	Sem	4.33	450.46	1,952.00
Costo por Mantenimiento cada 48 meses	Lote	1.00	50,000.00	<u>50,000.00</u>
				51,952.00

Costo Anual	23,820.96	74,860.08	27,493.89	78,669.72	31,445.33
--------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

b) Sueldos

1-6.

Incremento Anual

3.66%

Acarreos

Peón	Sem	4.33	923.08	<u>4,000.00</u>
				4,000.00

Costo Anual	48,889.85	50,881.70	52,954.70	55,112.15	57,357.51
--------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

c) Costo por administración

Agua / mensual	lote	1.00	250.00
Energía / Mensual	lote	1.00	<u>630.00</u>
Incremento Anual	%	3.66%	880.00

Costo Anual	10,755.77	11,193.97	11,650.03	12,124.67	12,618.65
--------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------



Ventas

Concepto	U	cant. / dia	dias	P.U.	Total
Generación de Energía Proyectada	Kwh	400.00	365.00	3.27	477,420.00
					477,420.00

Incremento (por inflación anual)

4.00%

Año 1

Costo Total de Producción Anual

Total

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
486,004.24	505,804.80	526,412.07	547,858.91	570,179.52

Resumen

Concepto

Ingresos por Ventas	486,004.24	505,804.80	526,412.07	547,858.91	570,179.52
Utilidad en venta de Activo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costos de Producción	- 83,466.58	- 136,935.75	- 92,098.62	- 145,906.54	- 101,421.49

Costo Financiero

Horizonte de la Inversión 5 Años

Inversión Inicial (Aportación Firco)

Costos Financieros 0%

Utilidad Bruta	402,537.66	368,869.05	434,313.45	401,952.37	468,758.03
Impuestos (N/A en mercado minorista)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Utilidad Neta

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de efectivo	- 1,405,478.88	402,537.66	368,869.05	434,313.45	401,952.37	468,758.03

TREMA

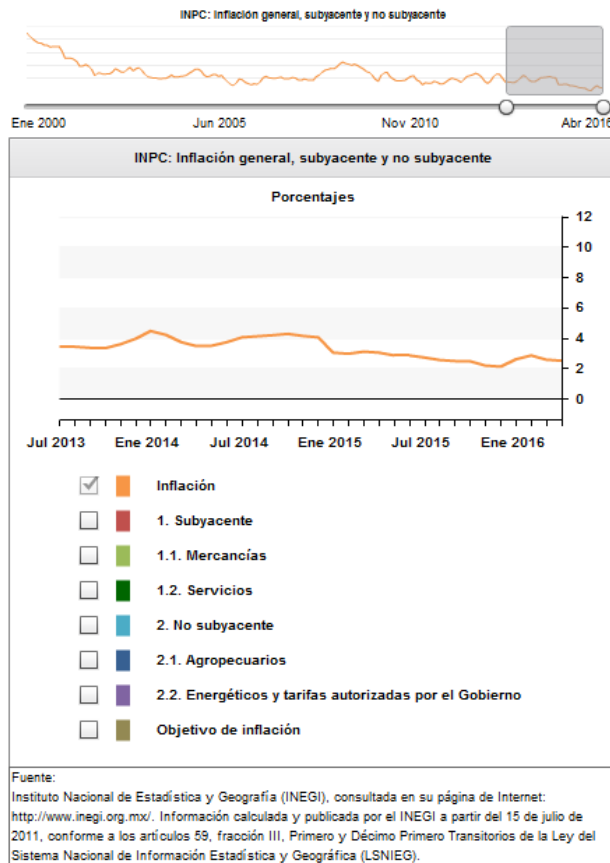
10%

TIR

14%

Inflación de Estudio.

IMAGEN 19. Histórico Inflación en México.



Inflación histórica en los últimos 5 años:
3.66%

Fuente: (INEGI, 2011)

Punto de Equilibrio

PE = costos fijos / (precio de venta – costo total variable unitario)

Sustituyendo valores:

Costos Fijos = 1,405,478.88

Precio de Venta = 2,636,259.54

Costo Total Variable Unitario: 559,828.98

PE= 1,405,478.88 / (2,636,259.54 – 559,828.98)

PE= 1,405,478.88 / (2,076,430.56)

PE = **0.6769**



Valor Actual Neto

Tabla 35. Análisis de Valor Actual Neto

Datos	Conceptos	Resultado
3.66%	Tasa anual de descuento. (Ver Análisis Inflación)	
- 1,405,478.88	Costo inicial de la inversión	
402,537.66	Rendimiento del primer año	
368,869.05	Rendimiento del segundo año	
434,313.45	Rendimiento del tercer año	
401,952.37	Rendimiento del cuarto año	
468,758.03	Rendimiento del quinto año	
		VAN = \$439,714.08

Análisis de Costo Beneficio

Tabla 36. Relación Costo - Beneficio

Egresos	Conceptos	Resultado
1,405,478.88	Costo inicial de la inversión	
83,466.58	Costo de Producción del primer año	
136,935.75	Costo de Producción del segundo año	
92,098.62	Costo de Producción del tercer año	
145,906.54	Costo de Producción del cuarto año	
101,421.49	Costo de Producción del quinto año	
Total Egresos		1,965,307.86
Ingresos	Conceptos	Resultado
486,004.24	Rendimiento Bruto primer año	
505,804.80	Rendimiento Bruto segundo año	
526,412.07	Rendimiento Bruto tercer año	
547,858.91	Rendimiento Bruto cuarto año	
570,179.52	Rendimiento Bruto quinto año	
Total Ingresos		2,636,259.54
Relación Costo - Beneficio		1.34



Resumen del Análisis de Rentabilidad

- TREMA: **10%**

- TIR: **14.17%**

- Tasa de Inflación: **3.66%**

- VAN: **439,714.08**

- Costo Beneficio: **1.34**

- Punto de Equilibrio: **0.6769**



Conclusiones del Capítulo 4

De los resultados reflejados se observa que el proyecto es viable bajo las condiciones que se plantean en éste documento. Pero esos resultados se deben tomar con muchas reservas.

En otras palabras, es muy cierto que de acuerdo a la TIR expresada en el documento (14.17%), producir biogás y generar energía puede resultar viable. Pero siendo objetivos hablamos de un usuario que tiene 300 cabezas de ganado y una tarifa elevada. Si ese usuario simplemente migrara su "tarifa 2" a "tarifa 3", por ejemplo, quizás resultaría complicado que la TIR pudiera resultar favorable.

En este documento no se presenta el efecto que puede tener un cambio de tarifa porque para hacerlo en un entorno real se necesitan datos concretos (llámese demanda máxima, bajo factor de potencia, etc.) y no ha sido posible conseguir el recibo de energía de un usuario que otorgue su autorización para publicarlo en este estudio.

En todo caso lo que si podemos ver en este ejercicio son los datos presentados en el "*Resumen del Análisis de Rentabilidad*" y esa información nos muestra dos cosas muy relevantes:

- Es posible producir energía de manera rentable, pero;
- Los beneficios "económicos" de producir energía *a esta escala* son limitados.

Entonces, por un lado el usuario debe tener la voluntad y la posibilidad de aportar un monto de \$913,561.27, y por otro lado el gobierno debería otorgar un préstamo por un monto de \$491,917.61. Si estos factores son posibles lo que el usuario debe saber es que su punto de equilibrio es de 0.68, que traducido al horizonte de inversión planteado de 5 años representa que su inversión podría regresar en 3.4 años.



5 Conclusiones

Un aspecto que no se puede visualizar en los datos de INEGI (o en cualquier documento de consulta) es lo particularmente disperso que se encuentran los residuos que produce la ganadería, aun cuando se tienen identificadas las Entidades en donde se tiene como una actividad importante la crianza de animales. Esto quiere decir que en primera instancia hablamos de una cantidad importante de dinero que se debe invertir en la implementación de un sistema de generación de energía cuando la mayoría de esos residuos provienen de (muy) pequeñas granjas o establos. Se puede deducir que a los pequeños ganaderos que producen esos residuos no les resulta atractivo generar energía y beneficiarse de ello pues simplemente no tienen capacidad para obtener la cantidad mínima necesaria de residuos para producir gas metano y hacer funcionar un motor que use biogás con los recursos que tienen y que resulte rentable.

Bajo esta idea se puede aseverar que el desarrollo y explotación del biogás como recurso energético, en pequeñas escalas al menos, termina resultando de una motivación propiamente ambiental que de una razón económica.

Si hablamos con claridad diríamos que quien puede generar energía es porque tiene dinero y recursos varios para hacerlo y eso, inevitablemente, excluye a una gran parte del potencial que pudiera ser explotado. Ahora, la pretensión no es afirmar que la generación de energía con el uso de biogás producido con residuos de la ganadería sea un tema que deba darse por terminado, la cuestión es que no tenemos una acción concreta por parte del gobierno que incentive su uso. Entonces, simplemente no se puede visualizar al biogás producido con residuos de la ganadería como una opción de fácil acceso para producir energía. Y es que la realidad es tan aplastante que en el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE) se puede ver que tan solo se producen 1480.67 GWh al año.

Con esos datos tenemos que la producción de energía por medio la Biomasa representa un 3.16%. Ahora, de un modo objetivo, tenemos que separar a la producción de esa energía de la que se produce por medio de quema directa y la obtenida por medio del Biogás. Y entonces resulta que en realidad el Biogás representa un 0.34% (157.15 GWh al año) de la producción total de energía eléctrica producida con fuentes renovables.

¿Cómo revertir esta tendencia?

El principal problema es que la “Rentabilidad Económica” depende de las necesidades de cada usuario, de la cantidad de recursos y de la tarifa que tenga contratada. Una de las hipótesis planteadas en este documento fue la necesidad de contar con un modelo de negocio para hacer rentable la generación de energía, pero este es un punto que no puede ni debe plantearse como un ejercicio que se pueda presentar de manera general y ese es el verdadero desafío.

¿A dónde nos lleva todo esto? Desafortunadamente a que la generación de energía es viable para un puñado de productores, pues al final nos encontramos con que el tema



económico termina por suprimir cualquier rebelión a favor de generar energía por mera “Consciencia Ecológica” y buscando la “Rentabilidad Social”. Porque nuestras leyes y las voluntades de Gobiernos tienen ese tipo de vacíos que se pueden mejorar, dado que en realidad no se “obliga” a Municipios ni a ganaderos a tomar acciones.

Pero entonces, ¿Cuál sería una acción razonable que sea factible a tomar en cuenta? Y en la realidad eso no es algo tan sencillo de responder, pues como se ha sugerido, no todo son leyes sino el contexto económico, social, territorial y político de la nación.

¿Cómo animar (u obligar) a un pequeño ganadero a tratar sus residuos cuando esto le resulta económicamente inviable?

Independientemente de que se está sugiriendo que el potencial está subutilizado, también debemos tomar en cuenta cual es la visión de una persona que pretende generar energía. Bajo la idea que nos plantea la Reforma Energética podemos proyectar la generación de energía en direcciones distintas:

- Para cubrir un consumo existente;
- Para simplemente ofertarla en el “mercado”;
- Ambas.

Algo que nunca se debe perder de vista es que para una persona que busca cubrir sus necesidades de energía eléctrica produciéndola (un micro productor), quizás resulta más conveniente migrar su tarifa contratada, aún con el costo que ello representa. En el mercado, un número que debemos tener en mente, es que la planta de energía más pequeña disponible es de 25 kw. Ese número, traducido, significa que para hacerla funcionar de una manera razonable se necesitan, aproximadamente, 250 cabezas de ganado bovino. Y entonces para empezar, ¿cuántos ganaderos tienen esa cantidad de ganado?

La solución para revertir estos datos está necesariamente en la unión de recursos o esfuerzos, no para un usuario en particular, si no la posible asociación de varios usuarios bajo un esquema que debería regular el propio gobierno. Incluso si el gobierno obliga a los micro-ganaderos a entregar sus residuos a cualquier dependencia para que ésta pueda obtener un volumen que haga rentable su utilización y sirva para proveer de energía a un servicio público; sea alumbrado u otro.

Aun con los vacíos ya mencionados se debe decir que realmente si existen leyes y programas que aparentemente darían como resultado la “tan mencionada” transición energética, pero lo cierto es que no se está atacando uno de los grandes lastres que tiene nuestro país: “La Carencia de Tecnología Propia”. Es decir, con nuestra “Reforma Energética” tenemos un montón de leyes regulatorias y el *libre acceso* a las redes de transmisión de energía, pero si tratamos de aterrizarlo a la realidad empezamos a ver que algo tan básico como nuestro equipo de generación de energía que no se produce en México y eso tiene un costo. De un modo realista debemos entender que cada que nuestra moneda se deprecia simplemente resulta, por un lado, más costoso de adquirir y, por otro, cada vez menos rentable nuestro sistema eléctrico (que compramos en



dólares). Porque incluso hablamos de cantidades considerables de ganado para hacer funcionar a la planta *“más pequeña que existe en el mercado”*, pero viendo la realidad del país el tema estaría en que, con tecnología propia, incluso existiera un abanico de plantas más pequeñas y que esto nos llevara a ampliar el potencial real de producción.

Otro asunto a considerar es que hemos adoptado un modelo (basado en el modelo PJM) para la producción y venta de energía, y a la fecha, no parece que se hayan tomado las decisiones adecuadas pues en realidad los energéticos no son más baratos que antes de la “Reforma Energética”. De manera pública se nos dijo que el modelo energético a seguir debía consistir en la especulación, y en general nadie supo entender lo que eso significaba. Permitimos que un “Sector Estratégico” del país se convirtiera en un producto que se puede vender y comprar como cualquier cosa... con el supuesto “control” del Gobierno de la República, claro. Aunque ello tiene una dualidad, pues entre más costosa sea la energía, convendrá en mayor medida generarla.

De momento plantear que la Reforma Energética es un asunto que se debe reconsiderar y que quizás deberíamos dejar todo como estaba antes de esas modificaciones a la “Constitución” no parece algo que nuestro Gobierno tenga la voluntad de tomarlo en cuenta. Pero lo cierto es que, desde un punto de vista personal, antes de la Reforma solo se debían fortalecer ciertas áreas en lo que a la generación de energía se refiere. Porque no debe dejar de pasar por la mente de cualquier persona que pretenda generar energía lo siguiente: ¿Cómo afectará a un micro-productor el cambio repentino del precio de los energéticos? Y esta pregunta es por la simple razón de que se debe proyectar un horizonte de inversión en donde se deben visualizar escenarios, medir riesgos, arriesgar... pero entonces ¿Estaría dispuesto un grupo de micro productores a unir esfuerzos en “pro” de la transición energética con los potenciales riesgos que esto implica? Yo creo que no, y es tan sencillo que cuando uno plantea este tipo de posibilidades al dueño de un pequeño estable inmediatamente se percibe que las necesidades del lugar son a una escala mucho menor de lo que se requiere para hacer rentable a la generación de energía.

Ahora, ¿Por qué darle tanta importancia a un micro productor? Y la respuesta es muy simple: Los desechos que se generan en esos pequeños establos son en realidad gran parte del potencial que tiene nuestro país y sucede que en su mayoría no tienen recursos suficientes para que, por cuenta propia, adquieran su equipo de generación de energía. Y esto solo por mencionar una mera cuestión de recursos materiales y económicos.

Ciertamente estamos en el entendido de que bajo el esquema actual no hay otro camino más que unir esfuerzos, al menos a corto plazo, si es que se tiene la voluntad de explotar el potencial del país y avanzar en el tema de la transición energética.



Bibliografía.

01. Abbasi, T., Tauseef, S. M., & Abbasi, S. A. (2012). *Biogas Energy*. London, U.K.: SpringerBriefs in Environmental Science.
02. Ávila Soler, E. (2009). *Biogás: Opción real de seguridad energética para México*. (Master), Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
03. Barquín, J. (2004). *Energía: Técnica, Economía y Sociedad*. (U. P. d. Comillas Ed.). Madrid, España.
04. Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis* (E. Inc. Ed.). Elsevier, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK.
05. Bosch Martí, A. (2011). *Estudio de viabilidad de la instalación de una planta de metanización en un Buque Crucero*. (80), Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona, España.
06. CFE-Tarifas. (2018). Tarifas CFE. from Comisión Federal de Electricidad http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp
07. CFE, C. F. d. E. (2009). Informe Anual. Mexico, D.F.: Comisión Federal de Electricidad.
08. Cleveland, C. J., & Morris, C. (2009). Dictionary of Energy. In E. Science (Ed.), (1st Edition ed., pp. 600).
09. Cochran, C. L., & Malone, E. F. (1999). *Public Policy: Perspectives & Choices* (M.-H. College Ed. 2nd. Edition ed.): McGraw-Hill Higher Education.
010. Coss Bu, R. (1995). *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión* (G. N. Editores Ed. Vol. Décima Impresión). México D.F.: Editorial Limusa.
011. CRE, C. R. d. E. (2016). Sesiones del Órgano de Gobierno. from Comisión Reguladora de Energía <https://www.gob.mx/cre/articulos/organo-de-gobierno-48977>
012. Cuervo, A., & Rivero, P. (1986). El Análisis Económico - Financiero de la Empresa. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, XVI, 19.
013. Deublein, D., & Steinhauser, A. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction*. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
014. DOF. (03/02/2016). *RESOLUCIÓN por la que la Comisión Reguladora de Energía expide el modelo de contrato de interconexión de acceso abierto y no indebidamente discriminatorio para centrales eléctricas interconectadas a la Red Nacional de Transmisión o a las redes generales de distribución, conforme al artículo 12, fracción XV de la Ley de la Industria Eléctrica*. México D.F.: Retrieved from <https://www.cenace.gob.mx/Docs/MarcoRegulatorio/Criterios/Resoluci%C3%B3n%20949-2015%20Modelo%20contrato%20interconexi%C3%B3n%20de%20centrales%20el%C3%A9ctricas%20interconectadas%20a%20la%20RNT%20o%20a%20las%20RGD%20DOF%202016-02-03.pdf>.
015. DOF. (22/05/2012). *Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las Reglas Generales de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente*.



- México, D.F.: DOF Retrieved from http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5249086.
016. DOF. (28/08/2014). *DECRETO por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía*. Mexico, D.F.: Diario Oficial de la Federación Retrieved from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357928&fecha=28/08/2014.
017. Dueñas Berra, L. Y. (2015). *“Planta Tratadora Biodigestora Familiar como Aditamento Energético del Establo en la Comunidad de Chipilo de Francisco Javier Mina.”*. (Master), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla., Puebla, México.
018. EPA, U. E. P. A. (2002). National Water Quality Inventory, 2000 Report. In EPA-841-R-02-001 (Ed.), (2000 ed.).
019. EST, E. S. T. (2018). Renewable Energy. <http://www.energysavingtrust.org.uk/>
020. FAO, F. a. A. O. (2011). *Manual de Biogás* (M. d. Energía Ed.). Santiago de Chile.
021. García Ovando, F. (1986). *Proyecto para la Obtención de Biogás a partir de Estiercol*. (Engineering), Instituto Politécnico Nacional, Mexico, D.F.
022. GreenFacts. (2018). Potencial de calentamiento global. Retrieved Febrero, 2018, from Cogeneris SPRL <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>
023. Guardado Chacon, J. A. (2007). *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas*. La Habana, Cuba: CUBASOLAR.
024. Hill, N., Walker, H., Beevor, J., & James, K. (2011). *Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors*. London, UK: Department for Environment, Food and Rural Affairs Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69314/pb13625-emission-factor-methodology-paper-110905.pdf.
025. IDAE. (2011). Situación y potencial de generación de biogás. Estudio Técnico PER 2011-2020. Madrid, España.: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
026. INECC, I. N. d. E. y. C. C. (2005). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. from Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
027. INEGI. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 - 2010* (Vol. Primera Edición). México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
028. INEGI. (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Retrieved Febrero, 2015, from Instituto Nacional de Estadística y Geografía <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>
029. INEGI. (2011). Índice Nacional de Precios al Consumidor. Retrieved 16/12/2016, from Instituto Nacional de Estadística y Geografía <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/precios/inpc/>
030. INEGI, C. (2009). Censos Económicos. from Instituto Nacional de Geografía y Estadística <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/electricidad.html>
031. INERE. (Extraído 07/06/2017). Inventario Nacional de Energías Renovables. from Secretaría de Energía <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>
032. International Energy Agency, I. (2010). World Energy Outlook. Berlin, Germany.



033. International Energy Agency, I. (2017). Key World Energy Statistics. In W. E. Balances (Ed.), (Vol. 2017). París, France.
034. International Energy Agency, I. (2018). Monthly Electricity Statistics. In Statistics (Ed.). París, France.
035. Mallo, P. E. M., Artola, M. A., Galante, M. J., Pascual, M. E., Morettini, M., & Busetto, A. R. (2004). Análisis de Costo-Volumen-Utilidad bajo condiciones de Incertidumbre. Tandil, Argentina: Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos.
036. MAPS-INEGI. (2018). Mapa Digital de México. Retrieved 2018, from Instituto Nacional de Estadística y Geografía <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>
037. Meny, Y., & Thoenig, J.-C. (1989). Politiques publiques. *Revue Française de Science Politique*.
038. Mete, M. R. (2014, 11/01/2014). Valor Actual Neto y Tasa de Retorno. *Revistas Bolivianas*.
039. MOPESA. (2018). Planta de Energía de 25 KW a Biogás (pp. 2). Toluca, Estado de México.
040. Muñoz R, M. (2004). Modelos de Gestión Limpia para Residuos Municipales.
041. Olaya, Y. (2006). *Diseño de un biodigestor de cúpula fija*. (Ingeniero Agrícola Trabajo de Grado), Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Palmira, Colombia.
042. Pavlostathis, S. G., & Giraldo-Gomez, E. (1991). Kinetics of anaerobic treatment: A critical review, *Critical Reviews in Environmental Control*. IWA Publishing. doi: 10.1080/10643389109388424
043. Rios, M., & Martin, K. (2013). Bioenergy potential in Mexico. *Institute of Environmental Technology and Energy Economics*, 16.
044. Robertson, A. M. (1977). *Farm wastes handbook: problems, properties, storage, handling and use of by-products from housing farm livestock / [by] A.M. Robertson*. Bucksburn : Scottish Farm Buildings Investigation Unit, 1977.
045. SAGARPA. (2007). Aprovechamiento de Biogás para la Generación de Energía Eléctrica en el Sector Agropecuario., from [www.porcimex.org/apoyos/BIOGAS0902/0524 LIBRO de BIOGAS.pdf](http://www.porcimex.org/apoyos/BIOGAS0902/0524_LIBRO_de_BIOGAS.pdf)
046. SAGARPA. (2013). *Especificaciones Técnicas para Biodigestores Pequeños tipo Laguna* (FIRCO Ed.). México, D.F.: FIRCO.
047. SAGARPA. (2016). *Pograma de Fomento Ganadero 2016, Componente Sustentabilidad Pecuaria*. México D.F.: Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Retrieved from <https://www.gob.mx/sagarpa/sonora/documentos/convocatoria-componente-sustentabilidad-pecuaria-2016>.
048. SENER, S. d. E. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México: SENER.
049. SENER, S. d. E. (2013). *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*. México: Secretaría de Energía.
050. Shilton, A. (2005). *Pond Treatment Technology*: IWA publishing.



051. Sowers, K. (2009). Methanogenesis. In A. Press (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology* (3ra. Edición ed., pp. 265-286). Baltimore, MD, USA: University of Maryland Biotechnology Institute.
052. UN, U. N. (1980). *GuideBook on Biogas Development* (Vol. 27). New York, U.S.A.: Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.
053. USDA. (2009). Agricultural Statistics Annual. from National Agricultural Statistics Service https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2009/index.php
054. Van Brakel, J. (1980). *The ignis fatuus of biogas: small-scale anaerobic digesters ("biogas plants"): a critical review of the pre-1970 literature*. The Netherlands: Delft University Press.
055. Van Wylen, G., Sonntag, R. E., & Borgnakke, C. (2000). *Fundamentos de Termodinámica*. México D.F.: Editorial Limusa.
056. Varnero, M. T., & Arellano, J. (1991). *Aprovechamiento racional de desechos orgánicos* (M. d. Agricultura, Trans. F. d. C. A. y. Forestales Ed.). Santiago, Chile: Universidad de Chile.
057. Vázquez Duraña, O. (2002). Plantas de Biogás de Pequeñas Dimensiones para Fincas Lecheras. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
058. WRI, W. R. I. (2005). *Navigating the Numbers, Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*.



Anexos

Anexo 1.- COTIZACIÓN PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA



Toluca, Estado de México a 18 De Mayo de 2018.

COTIZACIÓN PLANTA DE GENERACIÓN A BIOGÁS DE 25 KW CON TABLERO DE SINCRONIA CFE Y ACCESORIOS.

ARQ. Daniel Pérez Ramírez

PRESENTE:

Agradezco a usted la oportunidad que nos brinda para poder ofrecerle la presente cotización que integra los siguientes productos:

1.-Planta de Generación Eléctrica con motor Econogas de 60 BHP con gas natural y Generador marca WEG de 30 Kw en versión sincronía.

Características Generales:

-Motor de combustión interna a Biogás de 60 BHP a 1800 RPM marca Econogas aspiración natural y gobernación electrónica, equipo de ignición IDIS con control por computadora, sistema de carburación de gas con control electrónico.

-Generador WEG de 30 Kw con regulación electrónica a 220 Vca o 440 Vca

Nota importante: El moto generador tiene la capacidad de producir 30 kw usando gas natural como combustible, cuando se usa biogás la capacidad de generación eléctrica es en proporción directa con el porcentaje de metano y como la concentración de las granjas es de 50% al 70% la producción de energía sería hasta 25 kw/hr. Con un consumo de biogás de 22 metros cúbicos por hora a plena carga dependiendo de la calidad del biogás.

-Patín de acero estructural

-Batería y cables de conexión.

-Tubo de escape, tubo flexible y silenciador.

-Manual de operación y Póliza de garantía para el motor y para el Generador.

PRECIO UNITARIO..... \$ 19,315.00 USD MAS IVA

www.mopesa.com.mx



2.-TABLERO DE SINCRONÍA CON CFE Y TRANSFERENCIA

Gabinete metálico auto soportado para interiores nema 1.

Módulo marca DEEP SEA o equivalente.

Cargador de baterías de igualación y flotación automático a 24 Vcd

3 transformadores tipo dona

1 unidad básica de transferencia con interruptores tipo contactor, marca ABB o equivalente, con capacidad para normal y otro contactor con capacidad para el generador a biogás con arreglo de barras y contactores auxiliares..

PRECIO UNITARIO..... \$ 8,590.00 USD. MAS IVA

IMPORTANTE: EL CLIENTE DEBERA CELEBRAR UN CONTRATO DE INTERCONEXION CON CFE PARA OBTENER EL MEDIDOR BIDIRECCIONAL Y PUEDA SUBIR ENERGIA ELCTRICA A LA RED DE CFE ADEMAS DEBERA DE CONTAR CON UN TRANSFORMADOR QUE SOPORTE LA INTERCONECCION A LA RED DE CFE.

Consideraciones importantes:

Ventajas de la interconexión a la RED nacional de CFE.

1).- Almacenaje de energía. Consiste en producir energía eléctrica de acuerdo a la capacidad de las máquinas y en el caso de requerir más energía de la producida la sincronía permite tomarla de la RED. En caso de producir más energía de la consumida el resto se almacena en la RED y se tienen 12 meses calendario para usarla.

2).- Porteo si no se consume el total de la energía producida se puede usar en otro sitio.

Actualmente se cuenta con sitios en donde ya se está aprovechando la interconexión a la RED y lo único que se requiere es un contrato con CFE y un medidor Bidireccional.

Estas ventajas solo son aplicables a la energía renovable producida por biogás.

NOTA:LA INSTALACION ELECTRICA Y SISTEMA DE TIERRAS SE COTIZAN POR SEPARADO

3.-TRAMPA DE AGUA PARA BIOGÁS:

En tubería de PVC con válvulas globo de compuerta para dren de agua. Para instalar afuera del cuarto de máquinas.

PRECIO UNITARIO.....\$1,000.00 USD MAS IVA



4.-FILTRO DE BIOGÁS.

Filtro de biogas en tubo de pvc. Con tapas de resina de poliuretano con elemento filtrante en acero inoxidable con 2 aros cromados de refuerzo en brida.

PRECIO UNITARIO.....\$ 1,475.00 USD MÁS IVA

RESUMEN DE COTIZACIÓN	IMPORTE
CONCEPTO	USD
MOTO GENERADOR 25 KW A BIOGÁS	19,315.00
TABLERO DE SINCRONÍA CON CFE.	8,590.00
TRAMPA DE AGUA	1,000.00
FILTRO DE BIOGAS	1,475.00
SUBTOTAL	30,380.00
IVA	4,860.80
TOTAL	35,240.80

CONDICIONES DE VENTA

Precio más iva.
Precios en Dólares Americanos.
Se requiere confirmación mediante orden de compra.

CONDICIONES DE PAGO.
50% a la confirmación y 50% aviso de facturación o terminación de fabricación del equipo antes de embarque.

LUGAR DE ENTREGA:
LIBRE A BORDO MOPESA MOTORES EN TOLUCA ESTADO DE MEXICO.

PLAZO DE FABRICACIÓN:
Cuatro semanas.

SERVICIO POST-VENTA:
Contamos con personal altamente calificado y con el más amplio surtido de refacciones genuinas de las marcas econodiesel, econogas, perkins y power part.



CONSIDERACIONES ADICIONALES Y VALOR AGREGADO:

- Se proporciona asesoría en la instalación del equipo.
- Se proporcionan planos del cuarto de máquinas y diagrama de conexiones.
- Arranque y puesta a punto en sitio.
- Capacitación al operador en sitio.

GARANTÍA DEL EQUIPO:

Un año de garantía o 3,000 hrs. Lo que ocurra primero. Contados a partir de fecha factura.

NOTA: LA INSTALACION HIDRÁULICA (LA MEDIDA DE LA TUBERÍA DE BIOGÁS DEL BIODIGESTOR AL CUARTO DE MAQUINAS NO PODRA SER MENOR A 4") QUE COMPRENDE LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE BIOGÁS DEL BIODIGESTOR AL CUARTO DE MAQUINAS CON SUS RESPECTIVAS TRAMPAS DE AGUA Y POR NORMA LA DISTANCIA ENTRE EL BIODIGESTOR Y EL CUARTO DE MAQUINAS NO PODRA SER MENOR A 30 METROS ASI COMO LA INSTALACION DEL SISTEMA DE ESCAPE CORREN A CARGO DEL CLIENTE.

SE RECOMIENDA LLEVAR LA TUBERIA VIA AEREA PARA EVITAR LA ENTRADA DE AGUA A LA MISMA.

ACIDO SULFHIDRICO:

LAS CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MEJOR FUNCIONAMIENTO DEL MOTO GENERADOR SE DAN CUANDO EL BIOGAS CONTIENE HASTA 150 PPM DE ACIDO SULFHIDRICO.

NUESTRO MOTOR ESTA DISEÑADO PARA TRABAJAR HASTA CON 4500 PPM DE ACIDO SULFHIDRICO CONTENIDAS EN EL BIOGAS, EN EL CASO DE QUE LA CONCENTRACION DE ACIDO SULFHIDRICO SEA MAYOR. EL CAMBIO DE ACEITE SE EFECTUARA EN UN INTERVALO MENOR AL ESPECIFICADO EN LA POLIZA DE SERVICIO.

IMPORTANTE:

CUANDO EL BIOGAS CONTIENE MAS DE 9000 PARTES POR MILLON DE ACIDO SULFHIDRICO. LA INSTALACION Y ARRANQUE SE DARAN BAJO RESPONSABILIDAD Y RIESGO DEL CLIENTE.

VIGENCIA: La vigencia de esta cotización es de un mes a partir de hoy.

Para cualquier comentario y aclaración favor de comunicarse con un servidor.

ATENTAMENTE

C.P. RODOLFO MENDOZA JIMÉNEZ.
VENTAS PLANTAS Y EQUIPOS A BIOGAS.





**PLANTA ELÉCTRICA
DE 25 KW
CONTINUOS A
*Biogas***

La planta eléctrica **econogas** a biogás* de 25 KWe en potencia continua. Funciona como planta de transferencia manual, automática, en sincronía $\frac{1}{6}$ en paralelismo.

Equipada con un tablero multifuncional que permite el control y protección de parámetros importantes del motor y el generador, como lo son: temperaturas, presión de aceite, R.P.M., voltaje, frecuencia, amperaje, horómetro, historiales de eventos, etc.

Acoplado con un generador síncrono WEG y reguladores electrónicos de tensión analógicos de alta confiabilidad.



SERVICIO POST-VENTA

- ☒ Respaldo.
- ☒ Servicio.
- ☒ Refacciones a nivel nacional.
- ☒ Garantía.
- ☒ Asistencia técnica.

DIMENSIONES	
Largo	165cm
Alto	155cm
Ancho	80cm

ESPECIFICACIONES PLANTA ELÉCTRICA	
Potencia Nominal	26 Kwe
Potencia Continua en Biogás*	25 Kw a Biogás *

mopesa

01 (722) 2 72 40 31 VENTAS ventasplantas@mopesa.com.mx
 01 (722) 2 72 46 46 POST VENTA coordinacionventas@mopesa.com.mx

Plantas eléctricas a biogás

Antiguo Camino a San Lorenzo # 295, Col. Tlacopa, Toluca, Estado de México.

www.mopesa.com.mx






ESPECIFICACIONES DEL MOTOR A BIOGÁS.	
Potencia Motor Nominal @ 1800 r.p.m	35 B.H.P
Potencia Motor Continua @ 1800 r.p.m	32 B.H.P
Modelo	LFG096
Tipo de Motor	G4.248
R.P.M.	1800 RMP
Combustible	Biogás
Tipo de encendido	electrónico
Tipo de Aspiración	Natural
Tipo de Inyección	Directa
Número de Cilindros	4
Diámetro	(3.975 pulg) 100.96
Carrera	5 Pulg (127 mm)
Cilindrada	4.1L
Sistema de enfriamiento	50 % agua y 50 % anticongelante
Especificaciones del Aceite del Motor	SAE 20W-50 Norma MIL-2104D CD Serie 3
Relación de Compresión	12.5:1
Consumo Combustible a plena carga (100%)	22m ³ /hr.
Cantidad de Líquido Refrigerante	19 L
Gobernación	electrónica
Filtro de Aire	Tipo Seco
Diámetro Interior de la salida de escape	2.5Pulg.
Cantidad de Aceite Incluyendo Filtros	9.8L
Batería recomendada	12V LTH 15JD
ESPECIFICACIONES DEL GENERADOR	
Potencia del Generador	35.2 Kwe / 44 Kva
Modelo	GTA162AIVD (160 MI24)
Servicio Stand by.	35.2 Kwe / 44 Kva
Continuo	30.4 kwe / 38 Kva
Tensión	220 V a 440 V
Factor de Potencia	0.8
Frecuencia	60 Hz
Brida	SAE 3
Disco	SAE 11.5
No. de Terminales del Generador	12
Tipo de Aislamiento del Generador	Clase H
Tipo de Excitación	Generador sin escobillas con bobina auxiliar
Tipo de Refrigeración del Generador	Abierto Autoventilado (Estandar)
Regulador de Tensión Integrado	Electrónico
Amperaje	220V- 98.41amp 440V- 49.21amp
Tipo de Carcasa del Generador	IEC20 160 Mediana
Fases	3
Hilos	4
Ciclo de Operación	Continuo %, Intermitente
Régimen de Sobrecarga	10% hasta 2 horas %24 horas
Tipo de Generador	Síncrono Señado

*70% de metano en el biogás, para la obtención de la potencia en Kw representados en la tabla y que pueden variar dependiendo de la calidad del biogás.

NOTA: Los valores especificados de potencia están sujetos a una tolerancia de +/- 5% dependiendo de la altitud, temperatura y calidad del biogás.

Tablero de Control de Sincronía.

Gabinete: Marca Mopesa con dimensiones 1m de ancho por 1m de largo por 1.87m de altura.

Transferencia: Contactores ABB con capacidades de acuerdo a requerimiento

Modulo de control: Deep Sea para control de protecciones.

Cargador de Baterías: Deep Sea



Principales Funciones

- ✘ Monitoreo de voltaje en líneas de suministro normal
- ✘ Arranque de grupo electrógeno
- ✘ Sincronía del generador con la red
- ✘ Transferencia y re transferencia de carga
- ✘ Medición de voltaje, corriente, frecuencia, presión y temperatura
- ✘ Secuencia de fases en suministros normal y de emergencia
- ✘ Protección por falla en energía baja, presión de aceite y alta temperatura de agua
- ✘ Comparación y ajuste de variables de CFE con generador.

Se recomienda la utilización del filtro de biogás (Marca **Mopesa**)



01 (722) 2 72 40 31 VENTAS

ventasplantas@mopesa.com.mx

01 (722) 2 72 46 46 POST VENTA

coordinacionventas@mopesa.com.mx




Plantas eléctricas a biogás

Antiguo Camino a San Lorenzo # 295, Col. Tiacopa, Toluca, Estado de México.

www.mopesa.com.mx



"Este Programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido su uso para fines distintos a los establecidos en el Programa"

	<p style="text-align: center;">ANEXO II Guión Único para la Elaboración de Proyectos de Inversión</p>
---	---

1. Resumen Ejecutivo, Técnico y Financiero

2. Nombre del proyecto (en su caso indicar el alcance sea local, regional, estatal o nacional, nuevo o ampliación).

3. Programa, componente(s), concepto(s) de apoyo, inversión total, desglose de apoyo solicitado y de aportación del solicitante, de créditos, de otros programas e instituciones, entre otros.

4. Objetivo(s) general(es) y específico(s), los cuales deben estar alineados a los objetivos de (los) Programa(s) y componente(s) correspondiente(s), establecidos en las presentes Reglas de Operación.

5. Justificación

- a. Antecedentes.
- b. Descripción de la situación actual de la empresa, en su caso características y experiencias del grupo o participantes.
- c. Descripción de la problemática u oportunidad identificada.
- d. Forma en la que el proyecto, de concretarse, abordará la problemática u oportunidad identificada.
- e. Metas, de concretarse el proyecto, que corresponden con la problemática identificada e indicadores que permitirán verificar el cumplimiento del(los) objetivo(s) general(es) y específico(s).
- f. Efectos esperados de no concretarse el proyecto.
- g. Análisis y diagnóstico de la situación actual y previsiones sin el proyecto.
- h. Institución de Investigación, Educación Superior u Organización que respalda el Proyecto, debiendo adjuntar carta de intención y datos el representante legal de la institución.^{2/}
- i. Investigador, técnico o responsable del Proyecto.
- j. Información detallada sobre los resultados obtenidos en la ejecución de apoyos recibidos en años anteriores (exclusivamente recursos del Programa de Desarrollo de Mercados Agropecuarios y Pesqueros e Información, Programa Soporte o Programa de Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones de Productos Agroalimentarios y Pesqueros Mexicanos). En los casos que solicite la continuidad de apoyos otorgados en años anteriores deberán justificar la continuidad y el nuevo alcance de impacto de los resultados esperados.
- k. En su caso, misión y visión del comité, empresa o grupo.
- l. En su caso, instrumento de planeación en que se fundamenta el proyecto.

6. Datos generales y aspectos técnicos del proyecto

a. Localización geográfica del proyecto (Entidad Federativa, Municipio y localidad, ejido o predio y referencias para localización en su caso, núcleo agrario, coordenadas georreferenciadas, así como la localización específica del proyecto o microlocalización de acuerdo a la norma técnica del INEGI). Para PRODEZA y COUSSA, además: clima, suelo, condiciones climáticas, vegetación, fuentes de aprovisionamiento de agua, condiciones socio ambiental, asociaciones vegetales, agrobiodiversidad productiva, según aplique.

Para Tecnificación del Riego, coordenadas de la poligonal perimetral del sistema de riego proyectado o del drenaje (sistema de coordenadas UTM, WGS84), fotografías del punto donde se propone se incorporará el sistema de riego a la fuente de abastecimiento propuesta o del drenaje, (anexar 3 fotografías en distintos



ángulos procurando abarcar aspectos reconocibles en el predio como son: pozo, bombas, líneas eléctricas, tuberías, estanques, edificaciones, etc.). **Nota: las fotografías deben tener fecha en que fueron tomadas.**

b. Actividad productiva, eslabón de la cadena de valor, y en su caso, ciclo agrícola, producto(s) o especie(s) involucrada(s), para PRODEZA, sistema de producción a intervenir. Para el Componente de Desarrollo Estratégico de la Acuicultura incluir especie(s) involucrada(s) y ciclos productivos.

c. Descripción técnica del proyecto, la cual deberá partir del concepto de apoyo y describir de forma detallada el mismo (plano, croquis de ubicación y distribución de la unidad de producción y así mismo del arreglo interno de los equipos y esquemas del proceso, tipo de maquinaria, infraestructura, en su caso terrenos de uso agrícola y/o pecuario, ganado, material vegetativo (de ser el caso), equipo, procesos, tecnologías a emplear, monto de cada concepto a solicitar, capacidad de procesos, programas de producción y mantenimiento, asistencia técnica, consultoría y/o capacitación, escenarios con diferentes volúmenes de proceso, entre otros).

Para Tecnificación del Riego, el diseño agronómico debe incluir, arreglo del cultivo en campo, uso consuntivo de los cultivos; diseño hidráulico (carga dinámica del sistema de riego y gasto, medidor del gasto), características de operación (intensidad de riego o lámina precipitada horaria (mm/h), tiempo de operación, periodicidad de riego, horas, días disponibles por mes, número de secciones, gasto por sección, disposición de las secciones, tiempo de riego por posición, número de emisiones por planta); catálogo de concepto.

El proyecto debe incluir de manera detallada todas las cantidades de obra de materiales y equipo; clasificándolos con números progresivos; claves; conceptos; unidades y cantidades, agrupándolos de la manera siguiente:

- Sistema de riego localizado y aspersión;
- Cabezal de riego;
- Filtración;
- Equipo de fertiriego;
- Sistema de automatización;
- Líneas de conducción, conexiones, válvulas y accesorios (Principal);
- Líneas laterales, conexiones, válvulas y accesorios (Secundaria);
- Líneas portlaterales;
- Emisores;
- Líneas colectoras y válvulas de lavado (riego enterrado);
- Accesorios de automatización de válvulas;
- Sistema de riegos mecanizados.

Tomar lo que aplican del punto anterior y agregar los siguientes:

- Estructura;
- Tablero;
- Torres;
- Accesorios eléctricos;
- Aspersores;
- Bajantes y accesorios;

Otros equipos:

- Cableado;
- Obra civil y Equipo mecánico y eléctrico (no incluye acometida eléctrica);
- Drenaje Agrícola;
- Plano general del sistema de riego.

c.1 Tipo de proyecto (azotea, traspatio, periurbano, integral, aprovechamiento de espacio público, otros), describir en qué consiste el proyecto, recursos para la producción (agua, energía eléctrica, corrales, cobertizo,



acceso, otros) tipo de asistencia que requiere (producción de hortalizas, composta, control de plagas y enfermedades, manejo de ganado menor, otros); así como postcosecha (acopio, almacenamiento, custodia y conservación de granos.

d. Estudios específicos (geológicos, mecánica de suelos, etc.) y de ingeniería de detalle, según aplique.

Para el Componente de Productividad Agroalimentaria, tratándose de los incentivos para "Infraestructura y equipamiento de Proyectos Integrales de Alto Impacto" y, para el Componente del Sistema Nacional de Agroparques, tratándose de los incentivos para "Desarrollo Integral de Agroparques" "Infraestructura y equipamiento para Centros de Transformación Rural" e "Infraestructura y equipamiento de las agroindustrias instaladas en los Agroparques", deberá presentarse:

- Proyecto arquitectónico completo,
- Proyecto de Instalaciones y memoria de cálculo,
- Proyecto estructural y de cimentación con memorias de cálculo completo,
- Avalúo del terreno e infraestructura existente, en caso de que aplique,
- Licencias o permisos de construcción,
- Carta compromiso para contratar seguros y primas para edificaciones del proyecto y de estructuras existentes; en caso de que aplique, el currículum y el personal técnico que cumpla con el perfil para desarrollar las necesidades del proyecto,
- Presupuesto de obra, cronograma y ejecución de la obra, programa general de erogaciones,
- Plano topográfico del terreno de localización del proyecto con identificación de linderos, plano arquitectónico de conjunto, indicando vialidades y áreas verdes, plano o planos arquitectónicos indicando plantas, cortes y fachadas, plano de albañilería, plano de acabados, fichas técnicas y layout del equipamiento, memoria descriptiva del proyecto, plano de proyecto estructural y de cimentación, memoria de cálculo de estructura y cimentación, plano de instalación hidráulica de cada área, memoria de cálculo de instalación hidráulica, plano de instalación sanitaria de cada área, plano de redes de drenaje pluvial, plano de red de la descarga de aguas residuales, indicando punto de vertido de aguas residuales. y/o plano de rehúso de aguas residuales tratadas, memoria de cálculo instalación sanitaria, plano de Instalación eléctrica, memoria de cálculo de instalación eléctrica, plano de instalación de Gas (en caso de que aplique).

e. Proceso de reconversión (en su caso).

f. Cotizaciones de proveedores o prestadores de servicios que sustenten los costos reales y actuales al momento de la presentación del proyecto, presupuestos de las inversiones a realizar (por lo menos dos cotizaciones de distintos proveedores). El (los) proveedor(s) elegido(s) deberán acreditar que cuentan con infraestructura y la capacidad suficiente para el desarrollo de sus actividades profesionales, cumplir con todos los requisitos fiscales y estar vigentes.

g. En su caso, avalúo por perito autorizado por la CNB y V de ser el caso.

h. Datos generales del solicitante (persona física, moral, grupo, comité, Asociación Civil, Institución, en su caso), aspectos organizativos, antecedentes, tipo de organización y relación de socios, miembros, integrantes y/o de representantes del comité; estructura, Consejo directivo, de ser procedente. Para los Comités Sistema Producto, además deberá incluir un listado de representantes gubernamentales, no gubernamentales y eslabones. Para Comités Sistema Producto, convenios vigentes con otras instituciones y fecha de constitución legal.

i. Consejo directivo, perfil requerido y capacidades de los directivos y de los operadores (en su caso).

j. Infraestructura y equipo actual (disponibles para el proyecto), de ser el caso, así como condiciones de uso y valoración de activos que aporta la sociedad.

k. Permisos y cumplimiento de normas sanitarias, ambientales y otras.

l. Para infraestructura (obra civil): catálogo de conceptos, especificaciones, presupuesto, planos según aplique, de cimentación, estructural, arquitectónico, instalaciones sanitarias, eléctricas e hidráulicas, y de



detalle, cálculos de diseño, volumen de construcción, suscritos por un técnico responsable del proyecto con Cédula Profesional, componentes del proyecto, volúmenes de construcción y permisos aplicables (de los propietarios de los terrenos donde se ejecutarán las obras, de CONAGUA, etc.).

Para PRODEZA y COUSSA: en proyectos que consideren obras de captación y almacenamiento de agua cuya unidad de manejo contemple una microcuenca debe presentar los siguientes puntos:

- Localización de la boquilla en un mapa que muestre la forma de la microcuenca, acompañado de coordenadas geográficas y UTM;
- Área de la cuenca;
- Longitud del cauce principal;
- Índice de forma;
- Relación de circularidad;
- Cota inicial;
- Cota final;
- Pendiente del cauce principal;
- La pendiente media de la cuenca;
- Número de orden y la sección transversal de la boquilla
- Un mapa que muestre la distancia entre la obra principal y el poblado más cercano.

Esto permitirá caracterizar la microcuenca y determinar el peligro que pudiera existir en localidades aguas abajo si la obra por fallas constructivas colapsara determinando la viabilidad del proyecto para el dictamen técnico. Para COUSSA, levantamiento topográfico.

I.1 Para pequeñas presas de mampostería y bordos de tierra compactada son obligatorios: el cálculo de escurrimiento medio, la estimación de la longitud de peligro, la estimación del caudal pico asociado a un periodo de retorno de 500 a 10,000 años en función de la cercanía de localidades aguas abajo de la obra, considerando las especificaciones técnicas mínimas emitidas para este tipo de obras por parte de la UR, la capacidad de almacenamiento, los cálculos del vertedor, del colchón hidráulico, del ancho de la corona, del ancho de base, así como también, el análisis estructural (deslizamiento, volteo, supresión, aplastamiento). Considere los cálculos para determinar líneas de conducción, equipos de bombeo, entre otros necesarios para el diseño de las obras.

I.2 En caso de presa de mampostería se debe integrar la siguiente información a manera de ficha técnica: talud generado aguas abajo, ancho de corona, carga de vertedor, bordo libre, longitud de vertedor, longitud de colchón, altura de la presa, nivel de aguas normales, base de la presa, sección máxima, área de cortina vista aguas arriba, tabla con el cálculo de la volumetría, resultados de la volumetría que corresponden a: longitud total de la cortina, volumen de cortina (mampostería, ciclópeo), volumen de colchón hidráulico, volumen de dentellón, volumen de muros guía, volumen de excavación y volumen de la bóveda de la compuerta.

I.3 En caso de bordo de abrevadero (presa de tierra compactada); a manera de ficha técnica se deben integrar los siguientes puntos: talud aguas arriba, talud aguas abajo, profundidad de dentellón, altura a nivel de la corona, ancho de corona, carga de vertedor, longitud de vertedor, longitud de sección máxima, longitud total de cortina. Los resultados de la volumetría corresponden a: volumetría de la cortina (suelo), volumen de vertedor (mampostería), superficie de limpieza y trazo. Considerar las especificaciones técnicas mínimas emitidas para este tipo de obras por parte de las Unidades Responsables (UR'S).

m. Documentos con los que se acredite la propiedad o legal posesión.

n. En su caso, copia de permisos, autorizaciones y concesiones expedidos por las autoridades correspondientes. Para PRODEZA: permisos aplicables (entre otros, incluir los permisos de los propietarios de los terrenos donde se van a ejecutar las obras y/o acciones, o que en su caso, se pudiesen ver afectadas por las mismas. Tratándose de obras de captación y almacenamiento de agua de lluvia, se deberá contar con el permiso de construcción y concesión de uso de Zona Federal, emitida por la CONAGUA, según corresponda, o en su caso, documento emitido por la CONAGUA donde se indique que la obra se ubica fuera de cauce federal; para el caso de sistemas de riego y equipos para extracción de agua subterránea (sistemas de bombeo y celdas fotovoltaicas), se deberá anexar concesión de agua vigente, en trámite o cualquier otro



documento emitido por la CONAGUA en donde acredite el volumen de agua a utilizar en el proyecto, o constancia del Registro Nacional Permanente para pozos agrícolas ubicados en zonas de libre alumbramiento. Para Tecnificación de Riego, Distrito o Unidad de Riego, capacidad del equipo de bombeo, Sistema de Filtración existente y características de operación.

o. En su caso, descripción y memorias de cálculo y documentación o información adicional relevante de cada uno de los componentes o temas que lo requieran.

p. Programas de ejecución, de administración de recursos humanos, en su caso, calendario, administrativos, de capacitación y asistencia técnica o consultoría.

q. En su caso, validación del paquete tecnológico por la autoridad competente.

r. En el caso de Infraestructura Rastros y Establecimientos TIF, dictamen positivo por parte de SENASICA, sobre las mejoras, adecuaciones y nuevas construcciones del rastro o establecimiento TIF.

s. Desarrollo de estrategia; descripción detallada de las actividades que se implementarán para el cumplimiento de objetivos y metas, así como localización y descripción específica de donde se llevará a cabo el proyecto.

t. En su caso, entregables que permitan comprobar la realización de las actividades.

u. Reglamento de uso presente y futuro de los apoyos otorgados.

v. Plan de manejo proyectado del territorio atendido con PRODEZA o COUSSA.

w. Proyección de riesgos.

x. Para proyectos de energías renovables: demanda de energía actual, cantidad y tipo de combustible fósil desplazado, cantidad y tipo de energía renovable generada (MWh), ahorro económico por el desplazamiento de energía o sustitución por energía renovable, línea base y escenario potencial de reducción de emisiones (TC02).

y. Para proyectos de bioenergéticos, tipo de cultivo y variedad a establecer, cantidad de hectáreas a establecer, régimen de humedad (riego, temporal), y en su caso rendimiento de bioenergético estimado (L/Ha).

7. Análisis y aspectos de Mercados

a. Descripción, propiedades, características y análisis de materias primas, productos y subproductos (presentación, empaque, embalaje; naturaleza, calidad, valor, evolución, cantidad, atributos, consumo, precios, balanza comercial, entre otros que apliquen), volumen de la producción primaria de la especie en el Estado y a nivel Nacional, según sea el caso.

a.1 Para Comités Sistema Producto, el volumen de la producción primaria de las unidades de producción que lo conforman.

a.2 Número y fecha de reuniones efectuadas en el año inmediato anterior. Fecha de elaboración o actualización del reglamento interno.

b. Disponibilidad, accesibilidad y condiciones y mecanismos de abasto de insumos, materias primas y servicios.

b.1 Número y fecha de reuniones efectuadas en el año inmediato anterior. Fecha de elaboración o actualización del reglamento interno.

c. Canales de distribución y venta.

d. Plan y estrategia de comercialización.

e. En su caso, cartas de intención de compra o contrato(s) de compra-venta recientes y referidas al producto ofrecido, o de abasto de materias primas y cotizaciones para el aseguramiento de las inversiones, que contengan nombre y domicilio de los clientes, volumen **estimado** de producto, precio estimado, lugares y periodos de entrega recepción, forma y plazo de pago para los productos a generar con el proyecto.

f. Estudios de mercado realizados (en su caso).

g. Estimación de beneficios económico del proyecto.

h. Resultados del análisis para decidir clientes y/o proveedores, en su caso.

i. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), en su caso.

j. Mercado objetivo, en su caso.

8. Análisis Financiero



a. Evaluación financiera del proyecto, la cual debe contener flujo de efectivo, el cálculo de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), Punto de equilibrio (PE) y el Valor Actual Neto (VAN) desglosando todos sus componentes y anexando documentación que soporte dicho cálculo (incluir el archivo Excel considerado para los cálculos efectuados). Así mismo deberá incluir el análisis de sensibilidad, relación utilidad o beneficio costo. **Nota: La hoja de cálculo no debe de estar protegida. Debe permitir verificar los cálculos y fórmulas que se presentan dentro del horizonte del análisis financiero.**

b. Presupuestos, composición y programa de inversiones y financiamiento complementario de algún intermediario financiero o de otro tipo (en su caso).

c. Proyección financiera actual y proyectada a 5 años (ingresos/egresos).

d. Descripción de costos (fijos y variables).

e. Necesidades de inversión.

f. Para infraestructura: el Estado de Resultados y Balance del ejercicio inmediato anterior y Estados Financieros Proforma para los primeros tres años del proyecto.

g. Copia(s) del (de los) balance(s) general(es) y del (de los) estado(s) de resultados, en su caso.

h. Cartas de autorización o compromiso de las instituciones financieras participantes en el financiamiento del proyecto (en su caso).

9. Activos

a. Inventario de Activos Fijos (construcciones, terrenos agrícolas y ganaderos, inventarios de equipos, semovientes y otros, de ser el caso).

10. Descripción y análisis de Impactos esperados

a. Incremento en los niveles de capitalización (descriptivo).

b. Incremento porcentual esperado en el volumen de producción, especificando kilogramos o toneladas producidas actualmente y por producir.

c. Número esperado de empleos a generar con el proyecto (directos e indirectos permanentes y temporales por género) o en el caso de Promoción Comercial los que ya se generan, así como el número y tipo de empleos generados.

d. Incremento en los rendimientos (en su caso).

e. Reducción estimada de los costos.

f. Comparativo con y sin el proyecto.

g. Para PRODEZA y COUSSA además tenencia de la tierra, población total de la localidad apoyada o la que se apoyará, población económicamente activa, número de mujeres y hombres.

h. Para Comités Sistema Producto, logros en la competitividad de la cadena en el año inmediato anterior.

i. Nivel de Prioridad.

11. Análisis de la situación ambiental, en su caso.

a. Descripción y análisis de la situación actual del uso de los recursos, disposición de los desechos e impacto ambiental de la empresa.

b. Condiciones y mecanismos de utilización de equipos de energías alternativas.

c. Plan y estrategias de sustentabilidad ambiental de la empresa, en su caso.

d. Estudio del impacto ambiental, en su caso.

e. En su caso, permisos y autorizaciones de las Entidades Normativas sobre la preservación del medio ambiente (en el caso de proyectos de bioenergía y fuentes alternativas sólo aplica este punto de los aspectos ambientales).

f. Descripción de los componentes de conservación del medio ambiente, utilización de las energías alternativas y mejoras de eficiencia energética.



g. En su caso, flora y fauna (nociva).

12. Para PRODEZA:

- Manejo y aprovechamiento actual de recursos naturales.
- Inventario de obras de conservación de suelo y agua.
- Manejo actual de los cultivos (según aplique).
- Parámetros productivos pecuarios (según aplique).
- Caracterización de agostaderos (según aplique).
- Manejo pecuario actual (según aplique).
 - a. Manejo del agostadero.
 - b. Alimentación del ganado
 - c. Reproducción del ganado.
 - d. Manejo genético y Manejo sanitario.
- Dinámica territorial.
 - e. Identificación de interrelaciones, de debilidades y potencialidades, de procesos de agregación de valor, de mercados meta y sus actores, así como de indicadores de competitividad.

13. Conclusiones y recomendaciones (respecto de cada uno de los puntos señalados).

14. Anexos del Proyecto, en su caso.

Para PRODEZA, además, dictamen sobre la viabilidad de la ejecución del proyecto por los beneficiarios, considerando además de los puntos del guión, aspectos previsibles de conflicto social, falta de permisos y normas aplicables, entre otros.).

Al Programa de Fomento a la Agricultura le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 c, d, e; 6 a, b, c, f, h, i, j, k; 7 a, c, e, f, g; 8 a, b, c, d, e, h; 9; 10 a, b, c, d, e, f; 11 a, b, c, e; 13; 14.

Al Programa de Innovación, Investigación, Desarrollo Tecnológico y Educación (PIDETEC), le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 a, b, c, d, e, f, g, h, i; 6 a, b, h, p, s; 7 a, e; 8 d; 10 c, g.

Al Programa de Fomento Ganadero, le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 a, b, c, d, f, g, e; 6 a, b, h, s, p; 7 a, b, c, d, e, f, g, h; 8 a; 9; 10 c.

Al Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria, le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 b, c, d, e, f, g, k; 6 a, b, c, d, f, g, h, i, j, k, m, n, p, q, r, s; 7 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j; 8 a, b, c, d, e, g, h; 9 a; 10 a, b, c, d, e, f; 11 a, b, c, d, e, f; 13 y 14.

Al Programa de Comercialización y Desarrollo de Mercados, le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 a, b, c, d, e, f, g, i; 6 a, b, c, d, f, g, h, i, j, k, l, n, o, p; 7 a, b, c, d, e, f, h, i y j; 8 a, b, c, d, e, f, g; 9; 10 a, b, c, d, e, f; 11 a, b, c, d, e; 13; 14.

Al componente Promoción Comercial le aplican los puntos: 2; 3; 4; 5 c, e, j; 6 b, f, h, p, t; 7 a, i, j; 8 a, d; 10 c; 13.

Al Programa de Productividad Rural y a los proyectos productivos de generación de ingresos del PESA con un monto superior a \$150,000.00, le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 i, e; 6 a, b, c, d, f, h, k, l, l.1, l.2, l.3, n, p, u, v; 7 a, b, c; 8 a, c, d; 10 h, g; 11 d; 12; 13; 14. A los proyectos COUSSA y obras y prácticas de conservación y uso sustentable de agua del componente PESA, no les aplican los puntos 7 y 8 y sus incisos. Agricultura familiar, periurbana y de traspatio sólo le aplican los puntos 2; 3; 4; 5, e; 6, a1, b, c1; 7 b; 8 c; 11 a, c. Para los proyectos productivos de producción de alimentos de PESA, con un monto inferior a \$100,000.00 se utilizará el formato de proyecto simplificado. Para el caso del Componente Desarrollo Integral de Cadenas de Valor, le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 a, b, c, d, e, f, h, i, j, k, l; 6 a, b.1, c, d, e, f, h, i, j, k, l, m, n, o, p, u, w; 7 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j; 8 a, b, c, d, e, f, g, h; 9 a; 10 a, b, c, d, e, f, g; 11 a, b, c, d, e, f; 12; 13 y 14. Para el Componente Vinculación con Organismos de la Sociedad Civil no aplican los puntos 5j, 6g, r, x, y.

Al Programa de Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola, le aplican los puntos: 1; 2; 3; 4; 5 b, c, d, e, f, g; 6 a, b, c, e, f, g, h, i, j, k, l, n; 7 a, b, c, d, e, f, g; 8 a, b, c, d, e, f; 9; 10 a, b, c, d, e, f; 11 a, b, c; 13; 14.



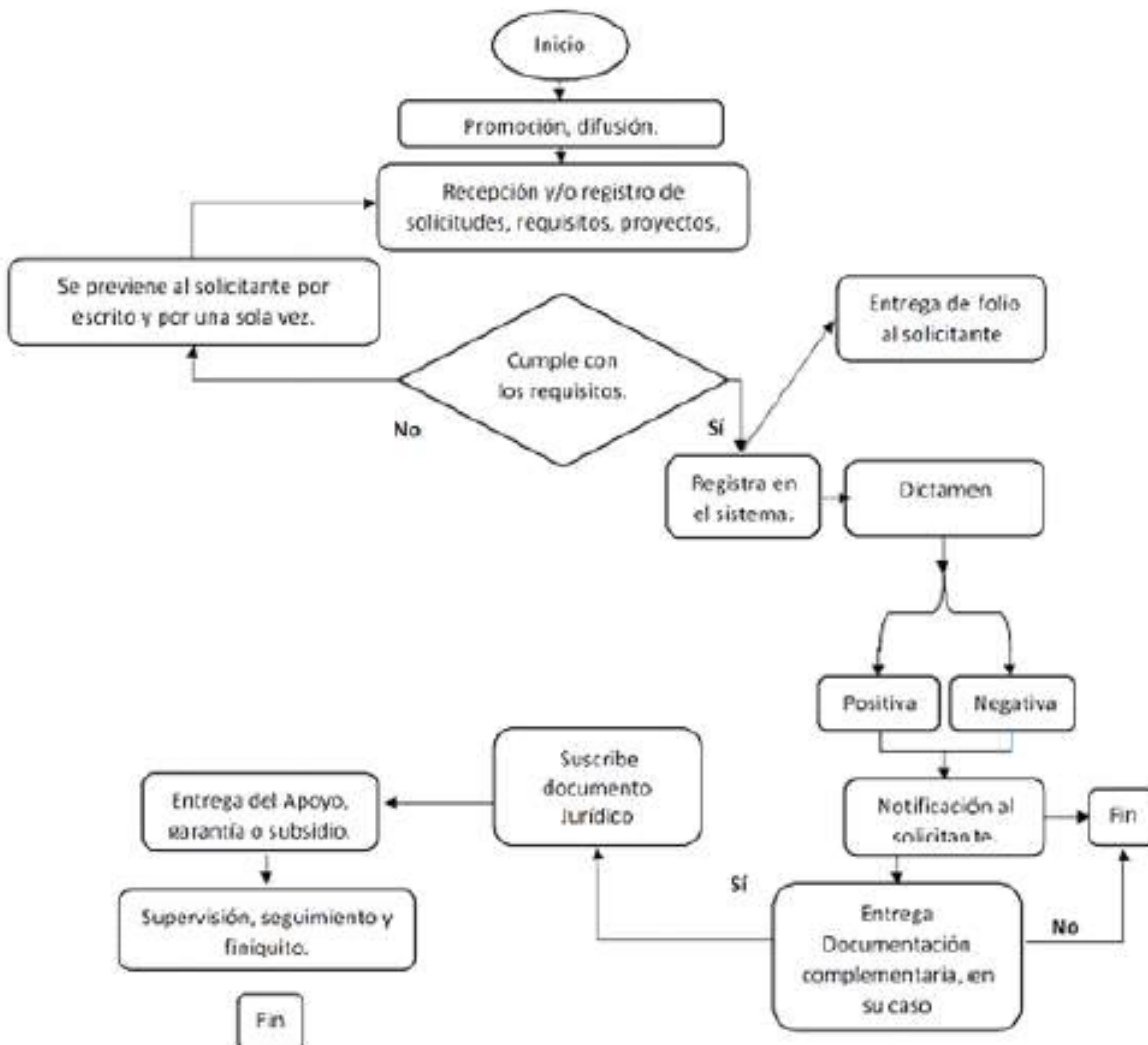
A sistemas Producto Pesqueros y Acuícolas le aplican los puntos: 3; 4; 5 c, d, e, k, l; 6 a, a.1, c, f, h, i, t; 7 b; 10 i, j.

Al Programa de Apoyo a Pequeños Productores le aplican los puntos

Para los componentes que no les aplique algún punto, se deberá señalar con las siglas N/A.

"Este Programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa."

 <p>SAGARPA SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN</p>		<p>ANEXO III Diagrama de Flujo Único</p>
--	---	--



Fecha de la Encuesta: 25, 26 y 27 de Noviembre de 2016

Tamaño de la Muestra: 15 Usuarios

Tipo de Encuesta: Abierta () Confidencial (x)

Localidad: Chipilo de Francisco Javier Mina

Municipio: San Gregorio Atzompa

Estado: Puebla

Personas (propietarios de granjas) Encuestadas: 15

Pregunta	SI %	NO %
1.- ¿Sabe qué tipo tarifa tiene contratada con la CFE?	0	100
2.- ¿Se ha planteado generar energía eléctrica a partir de los residuos de su granja?	40	60
3.- ¿Sabe usted que contraprestaciones (pago) recibiría en caso de generar energía?	0	100
4.- ¿Estaría usted dispuesto a invertir recursos propios para generar energía pensando que el retorno de su inversión estaría proyectado en 3 años o más?	0	100
5.- ¿Estaría usted dispuesto a invertir recursos en un proyecto para solicitar un apoyo gubernamental sin tener garantía de que le puedan otorgar dicho apoyo?	0	100

Resumen de la Encuesta:

Pregunta 1.- El objetivo de preguntar sobre la “Tarifa Contratada” es para visualizar que tan familiarizados están los usuarios con su consumo eléctrico y precio que pagan por ello. Si bien todos los encuestados tiene una idea acertada de sus consumos, la realidad es que no identifican con precisión el concepto de “Tarifa Contratada”.

Pregunta 2.- El objetivo de esta pregunta es identificar cuantos usuarios tienen, al menos, la inquietud de dar uso a sus residuos. En este documento se ha planteado que la motivación de esa idea resulta meramente de un motivo económico que de uno ambiental y ello quedó de manifiesto por todos los usuarios. En general todos los entrevistados se abstienen de contestar con precisión el destino que tienen sus residuos, dando respuestas generales como:

- Se trasladan a otro sitio;
- Como abono.
- Prefieren no contestar.

En todo caso el hecho de que tan solo 6 usuarios (de 15 posibles) tengan la inquietud de darle uso a sus residuos nos permite ver que realmente no se identifica a la generación de energía por medio de biogás como un tema de gran interés en la comunidad.



Pregunta 3.- El objetivo de esta pregunta es complementario a la pregunta 2. Con ello podemos identificar el grado de interés del usuario por generar energía. No existe una idea clara de cómo funciona una contraprestación ni del modelo de contrato para interconexión. La condicionante del interés para generar energía por parte de los usuarios es muy sencilla: “Si ello representa un beneficio económico entonces es posible”.

Pregunta 4.- El Objetivo de esta pregunta es el de hacer una división entre los usuarios que pueden y quieren invertir en generar energía y los que necesitan de un apoyo gubernamental para hacerlo. Desafortunadamente ningún usuario de los encuestados estaría en posibilidades (y disposición) de invertir sus propios recursos para poder generar energía.

Pregunta 5.- El Objetivo de esta pregunta es mostrar un panorama general a los usuarios interesados en generar energía de los pasos a seguir para el trámite de un apoyo gubernamental. Pero sucede que la realidad es “demoledora”, ningún usuario está interesado siquiera en solicitar un apoyo, puesto que ello conlleva la inversión de recursos para la elaboración de un Proyecto Ejecutivo.

Conclusiones de la Encuesta:

Este ejercicio, de apenas 5 preguntas, nos muestra la realidad de los números tan bajos que presenta el INERE en la generación de energía con Biogás. Incluso cuando existen apoyos gubernamentales, plantearle a los usuarios los pasos a seguir para un Proyecto de Inversión y obtener recursos, resulta algo abrumador. Entre todos los requisitos que son necesarios para la construcción de un Bio-digestor existe una idea muy clara de los usuarios de lo que *NO* están dispuestos a hacer: Invertir en un Proyecto Ejecutivo con la incertidumbre de saber si les otorgarán (o no) el apoyo. Y con ello el nicho de posibilidades para generar energía con el uso del Biogás se reduce a los números que el país ha tenido de manera histórica.

