

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES



**“Estudio de pre-factibilidad técnica y económica de la implementación de biodigestores como complemento en la cadena productiva del complejo soja en Paraguay”**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO EMPRESARIAL.

PRESENTA:  
AYRTON JOSE PORTILLO SILVA

TUTOR ACADEMICO:  
PROF. Ing. JUAN PABLO DOS SANTOS, MBA.

SAN LORENZO, PARAGUAY

DICIEMBRE 01 , 2017

## Declaración de Autoría

Quien suscribe Ayrton José Portillo Silva C.I N° 4.684.482 hace constar que es el autor de la tesis titulada: **“Estudio de viabilidad de biodigestores en la cadena productiva del complejo soja en Paraguay”**, la cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del asesor de dicho trabajo, Sr. Ing. Juan Pablo Dos Santos, MBA.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

Asunción, 02 de diciembre 2017

.....  
(firma del autor)

## **Agradecimientos**

A los profesores de la Universidad Paraguayo Alemana, que siempre con el espíritu de ayudar a sus alumnos han compartido sus mejores consejos y guías para que el trabajo investigativo sea práctico y eficiente de realizarlo.

A los tutores, tanto metodológico como académico que con la experiencia en cada área me han orientado paso a paso para la realización de esta tesina de grado.

## Resumen

Existe la posibilidad de aprovechar los recursos no convencionales, biodegradables generados por sectores de producción de nuestro país, como en el caso de los agroindustriales, ganaderas, avícolas. En la mayoría de los casos, estos recursos son vistos como residuos en el proceso de producción pero que tienen potenciales de generación de energía renovable. Por casos similares en países como Alemania y Brasil, han aprobado e incentivado la implementación de plantas de energía, “biodigestores”, para la reutilización de estos recursos trayendo consigo varios beneficios económicos, sociales y medioambientales. El hecho del éxito en estos países anima a suponer el mismo resultado en la implementación de modelos similares en Paraguay.

Partiendo del modelo brasilero de producción e implementación de biodigestores, se utiliza los datos del estudio del “Anteproyecto Concordia-SC” para analizar la pre-factibilidad técnico-económica y los desafíos de la implementación de biodigestores como complemento en la cadena productiva del complejo soja en de Paraguay. Para el estudio serán tenidos en cuenta los residuos de cerdos como sustrato principal de la producción, debido que durante la investigación no se hallaron producción de biogás con soja como sustrato principal.

## **Abstract**

There is the possibility of taking advantage of non-conventional biodegradable resources generated by production sectors of our country, as in the case of agroindustrial, livestock, and poultry producers. Most of the time, these resources are seen as “waste” in the production process but they actually have potential for generating renewable energy. For similar cases in countries, such as Germany and Brazil, they have approved and encouraged the implementation of energy plants, “biodigesters”, for the reuse of these resources, bringing with them several economic, social and environmental benefits. The fact of success stories of these countries encourages to assume that the same results will take place in the implementation of similar models in our country.

Based on the Brazilian model of production and implementation of biodigesters, the data from the study of the "Concordia-SC Project" is used to analyze the technical-economic pre-feasibility and the challenges of implementing biodigesters as a complement in the production chain of the Soybean Complex, “Complejo Soja” in Paraguay. For the investigation will be implement residues of pigs as the main biogas production substrate, do to the fact that no biogas production with soybean residues as the mean substrate was found during the investigation.

# Indice.

<b>1. INTRODUCCION A LA INVESTIGACION</b>	<b>10</b>
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Objetivos de la investigación	12
1.3. Justificación de la investigación	13
1.4. Alcance de la investigación	14
1.5. Aspecto metodológico	15
1.6. Estructura de la tesis	16
<b>2. MARCO TEÓRICO'</b>	<b>17</b>
2.1. Análisis de Viabilidad	17
2.1.1. Tipos de Viabilidad	17
2.2. Indicadores financieros. Indicadores de evaluación.	18
2.2.1. Valor presente neto (VPN)	18
2.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	19
2.2.3. Periodo de recuperación de inversión (Payback Period)	19
2.2.4. Análisis de sensibilidad	20
2.3. Otros métodos	20
2.3.1. Análisis punto de equilibrio (Break even point)	20
2.3.2. Indicadores de Costo Eficiencia	21
2.3.3. Indicadores de Costo Efectividad	21
2.4. GENERALIDADES DEL BIOGAS	22
2.4.1. Qué es el biogás	22
2.4.2. Digestión anaeróbica.	22
2.4.3. Proceso de Biogás	23
2.4.4. Descripción de fases:	24
2.4.5. Tipos de biodigestores.	25
2.4.6. Producción del biogás.	26
2.4.7. Modos de producción.	26
2.4.8. La economía del Biogás.	26
2.5. SUSTRATOS	27
2.5.1. Producción de Biogás con sustratos agropecuarios	27
2.5.2. Tipos de residuos orgánicos por sectores.	28
2.5.3. Composición técnica y rendimiento de sustratos.	28
2.6. Beneficios estimados del Biogás .	29
2.6.1. Beneficio económico	29

2.6.2.	Beneficio ambiental	30
2.6.3.	Beneficio Social	30
<b>2.7.</b>	<b>Caso de éxito en Alemania</b>	<b>31</b>
2.7.1.	Caso de éxito de producción de biogás en Brasil.	33
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>35</b>
<b>3.1.</b>	<b>Aspectos metodológicos</b>	<b>35</b>
<b>3.2.</b>	<b>Modelo Teórico</b>	<b>36</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>38</b>
<b>4.1.</b>	<b>Datos energéticos del país</b>	<b>38</b>
4.1.1.	Matriz energética en Paraguay	38
4.1.2.	Producción de biogás en la actualidad	41
<b>4.2.</b>	<b>INFLUENCIAS DEL ESTADO.</b>	<b>42</b>
4.2.1.	Ley N 3009 de “La producción y transporte independiente de energía eléctrica (PTIEE)	42
<b>4.3.</b>	<b>COMPLEJO SOJA</b>	<b>43</b>
4.3.1.	Producción de granos de soja a nivel mundial	43
4.3.2.	Exportaciones registradas por principales productos.	43
4.3.3.	Datos Producción	45
<b>DESCRIPCION GENERAL PARA CALCULOS FINANCIEROS DE IMPLEMENTACION DE UNA USINA DE 100 KWh DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA Y VENTA DE FERTILIZANTES. ESTIMACION DE COSTOS</b>		<b>47</b>
4.3.4.	Proceso de generación de biogás de la usina.	48
4.3.5.	Proceso de generación de biogás de la usina.	49
4.3.6.	Calculo Financiero de la Planta de biogás	49
4.3.7.	Presupuesto	51
4.3.8.	Planillas financieras.	53
<b>4.4.</b>	<b>SUPOSICION DE PRODUCCION CON UNA FUENTE DE 1000KWH</b>	<b>57</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>

## Lista de tablas

Tabla 1 Composición técnica de los sustratos	29
Tabla 2 Rendimiento de sustratos	29
Tabla 3 Datos Granja São Pedro Colombari	33
Tabla 4 Granja Haacke, Santa Elena – PR	33
Tabla 5 Condominio Ajuricaba, Marechal Cândio Rondon – PR	34
Tabla 6 Tarifa, grupo industrial ANDE	39
Tabla 7 Costos de producción de soja por hectárea en US\$	46
Tabla 8 Costos de producción de maíz por hectárea en US\$	46
Tabla 9 Datos de producción de trigo por hectárea en US\$	47
Tabla 10 Números de personal estimado para la usina biogás.	50
Tabla 11 Elementos presupuestados para el proyecto de la planta de biogás	53
Tabla 12 Gastos anuales estimados para la planta de biogás.	53
Tabla 13 Supuesto de generación Energía Eléctrica y Fertilizante	54
Tabla 14 Estimación de facturación por año	55
Tabla 15 Costos operacionales total	55
Tabla 16 Proyección de ingresos brutos totales	56
Tabla 17 Flujo de Caja caso 100 KWh	56
Tabla 18 Datos técnicos. Generación con 500m3	57
Tabla 19 Calculo VPN y TIR modelo usina 1000 KWh	58

## Lista de Figuras

Imagen 1 Composición química del biogás.	22
Imagen 2 Etapas de la digestión anaerobia.	24
Imagen 3 Número de plantas de biogás en Europa	31
Imagen 4 Consumo final y oferta bruta de energía	38
Imagen 5 Producción de energía primaria - Paraguay 2011	40
Imagen 6 Principales productores mundiales de soja.	43
Imagen 7 Exportaciones registradas por principales productos. En miles de dólares.	44

## Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Significado
ANDE	Administración Nacional de Electricidad
CAPECO	Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas
BCP	Banco Central del Paraguay
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MOPC:	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
PCH	Pequeñas centrales hidroeléctricas
PR	Estado de Paraná, Brasil
RSU	Residuo Solido Urbano
SC	Estado de Santa Catarina, Brasil
TIR	Tasa Interna de Retorno
VMME	Viceministerio de Minas y Energías
VPN	Valor Presente Neto

## Unidades de medidas

Simbolo	Significado
~	Aproximadamente
%	Por ciento
1 kW	0.001 MW
GWh	Gigavatio-hora
	Metro cúbico por día
kTep	kilo Tep
kVA	Potencia Aparente. Unidad de "potencia aparente"
kW	Potencia Real. Unidad de "potencia real"
kWh	Kilovatio-hora
t	tonelada
TEP / Tep	Tonelada equivalente de petróleo.

# 1. INTRODUCCION A LA INVESTIGACION

## 1.1. Planteamiento del problema

La posibilidad de reducir los costos en la producción, administrar los residuos de manera más eficiente y productiva, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y, por sobre todo, generar energía térmica y eléctrica, hace del biogás una alternativa versátil y atractiva para aplicarse en las industrias o productores que generan grandes cantidades de residuos biodegradables. Este proceso de producción se lleva a cabo por medio de biodigestores que de acuerdo a las condiciones de los sustratos biodegradables generan una gran producción de biogás.

Uno de los motivos principales de la implementación de biodigestores es que se constituyen en una valiosa alternativa para generar valor extra a sustratos que ya no generan valor económico. Puede emplearse para satisfacer la demanda de energía eléctrica, energía térmica o para la combustión de vehículos con motores movidos por biometano, producto obtenido del biogás refinado. Así también puede utilizarse como fertilizante para suelos de producción agrícola, por medio de los desechos que genera la producción de la misma.

En los años 1990 e inicio de los años 2000 el biogás se aparece como posibilidad para obtener valor económico por la posible reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la perspectiva realización de rentas con el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), propuesto por el protocolo de Kioto de la convención “Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”.<sup>1</sup> La preocupación y responsabilidad de algunos países como Alemania, Noruega, China han implementado el biogás como una alternativa para dar frente a los problemas ambientales motivando su implementación por medio de subsidios y programas de implementación de biodigestores.

---

<sup>1</sup> “PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO.pdf.”

[Biometano:](#)

En el Paraguay el biogás cuenta con algunas implementaciones como el caso del micro proyecto en la Comunidad de Piribebuy, realizada por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción y además de otros proyectos que ya se encuentran en funcionamiento como el caso de la granja Bertin S.A. (producción de 640  $m^3$  de biogás por día) y la Granja San Bernardo (1.000  $m^3$  de biogás por día). Sin embargo, en general la producción de biogás no es habitual y se carece de información para su implementación.

Partiendo de la experiencia de éxito en la implementación de biodigestores en Brasil, se analiza la pre-factibilidad técnico-económica de los costos de establecer un biodigestor en la producción del sector del complejo soja paraguayo. ¿qué posibles beneficios generaría la producción de biogás por medio de materias primas producidas en el Paraguay? ¿cuáles son los desafíos para realizar la implementación del sistema de producción del proyecto Concordia- SC en el sector soja?. Partiendo de estas premisas, nace la pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación costo-beneficio en la utilización de biodigestores en el complejo soja de Paraguay con el objetivo de determinar la pre-factibilidad técnico-económica?.

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General:**

“Realizar un estudio de pre-factibilidad técnico-económica de la implementación de biodigestores en el complejo soja paraguayo, partiendo del modelo de producción en Brasil, caso proyecto Concordia SC”

### **Objetivo específicos:**

- Definir las generalidades de sistemas de biodigestores y los recursos necesarios para su implementación
- Analizar los costos de implementación de la planta de biogás en el complejo soja Paraguay partiendo del modelo brasilero, Proyecto Concordia-SC.
- Describir los costos de implementación de la planta de biogás en el complejo soja Paraguay partiendo del modelo brasilero, Proyecto Concordia-SC

### **1.3. Justificación de la investigación**

El complejo soja representa uno de los principales ejes de la economía en el Paraguay, optimizar este rubro generaría un gran impacto socioeconómico debido a la influencia que representa en la economía local. Asimismo el modelo de producción de biogás puede presentar un aporte social por medio de un trabajo conjunto inclusivo por medio de la unión de pequeños y grandes productores de diferentes áreas, la cual saldrían beneficiados todas las partes. En la producción agropecuaria el biogás se presenta como una opción posible para la optimización de los residuos disponibles.

La conveniencia del estudio se presenta en el aporte no solo en la optimización en la producción y gestión de materias y residuos biodegradables del complejo soja, sino también en los aportes ambientales y socioeconómicos que puede generar por medio de la eliminación de desechos tóxicos por medio del trabajo conjunto de los sectores productores. Si bien el efecto invernadero es una de las problemáticas mundiales, este medio de aplicación ayuda a la disminución de emisiones de gases invernaderos, como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, gas metano CH<sub>4</sub>, que son posteriormente reutilizado generando energía verde. Ahí también la reutilización de los desechos biodegradables ayudan al la reducción de patógenos y malos olores que estos generan en los campos,

La experiencia positiva en la aplicación de biodigestores en el caso de Brasil motivan a suponer la viabilidad de la aplicación de un sistema parecido en el Paraguay.

## **1.4. Alcance de la investigación**

La investigación tuvo una limitación de tiempo de casi dos meses. Las fuentes de información mayormente provienen de procedimientos de materiales científicos publicados en internet, de procedencia brasilera y alemana en su mayoría, que fueron realizados por entes Gubernamentales, organizaciones con reconocimiento en sistema de energía y estudios universitarios publicados. Los documentos utilizados, en su mayoría, son de hasta cinco de años de antigüedad de publicación, a fin de mantener la actualidad en los datos para la investigación.

El espacio del estudio es realizado en el territorio paraguayo, cuyo enfoque se centra en los departamentos de Alto Paraná, Itapúa, Canindeyú y Caaguazú, ya que estos son los puntos donde mayor se encuentra la producción del complejo soja en Paraguay. El universo estudiado son los productores del complejo soja del Paraguay cuya producción es la soja, el trigo y el maíz. Así también son utilizado datos de productores del sector porcino, debido al modelo de implementación estudiada en la investigación.

Durante la investigación se tuvieron algunas limitaciones en el banco de fuentes del sector local, la cual limita de cierto modo la comparación para la veracidad de los datos, debido a que las informaciones consideradas fiables provienen de unas pocas fuentes.

## **1.5. Aspecto metodológico**

En este caso se realiza un estudio de caso en la producción de biogás en el Brasil con el propósito de extraer aprendizajes técnicos relevantes para el estudio de “pre-factibilidad técnico-económica”. Partiendo de este modelo se busca estimar los costos de implementación de un biodigestor parecidos con costos locales de Paraguay.

El trabajo es un estudio descriptivo con fuente de datos secundarios extraídos de páginas webs de entes estatales como el Viceministerio de Minas y Energía del Paraguay (VMME), el Banco Central del Paraguay (BCP), de gremios y productores del sector agropecuario como la Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO), e informaciones extraídas de publicaciones de estudios específicos que estas últimas organizaciones han realizado. Para el estudio técnico se extrajeron informaciones de estudios publicados por asociaciones como ABiogás, CIBiogás, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Probiogás y la Universidad de Harburg-Hamburg de Alemania entre otras fuentes.

## 1.6. Estructura de la tesis

El trabajo investigativo es dividido por agrupaciones de informaciones o “partes” de la investigación. cada parte tendrá subcapítulos para una mejor comprensión. En total se cuenta con cinco partes.

En la primera parte se encuentra, La Introducción se analiza el planteamiento del problema, cuales son los factores que contribuyeron a realizar la pregunta, objetivos y los medios específicos que conllevarán a dar resultado a la pregunta de investigación.

En la segunda parte, el Marco Teórico, se expresan todas las literaturas relacionadas al trabajo, modelos matemáticos para el análisis de pre-factibilidad tecno-económica y viabilidad de un proyecto, algunas definiciones de los términos relacionados a la producción de biogás y su implicancia en los costos relacionados. Así también se expresan los tipos de biodigestores existentes y casos de éxitos de plantas en el Brasil.

En la tercera parte, el Modelo teórico, se expresa el sistema el cual va a ser realizado para el análisis de las variables para llegar al resultado. Comprende la manera en que son aplicadas el cálculo de pre-factibilidad tecno-económica de la implementación del biogás y cuales son los estudios matemáticos a ser realizados.

En la cuarta parte se realiza el análisis de datos. En este punto se expresan los datos resaltantes de la investigación. Los estudios matemáticos, estadísticas relacionadas al objetivo y el cálculo cuántico de la investigación son expresadas en esta sección.

En la quinta parte, la conclusión, se realiza un resumen de los principales hallazgos, dando respuesta a las preguntas específicas que justifican el objetivo de la investigación. Se ve el resumen de los resultados hallados y la síntesis de la realizada.

## 2. Marco Teórico'

### CAPITULO 1 PREACTIBILIDAD. VIABILIDAD - COSTO BENEFICIO

#### 2.1. Análisis de Viabilidad

Etimológicamente el termino viabilidad procede del francés, que compone de dos vocablos latinos: vita, que se traduce como “vida”, y el sufijo - bilis, que se traduce como “posibilidad”.<sup>2</sup> Por lo tanto, se conoce como análisis de viabilidad al estudio que intenta predecir el eventual éxito o fracaso de un proyecto desde un punto de vista económico.

Un estudio de viabilidad consiste en la recopilación, análisis y evaluación de diferentes tipos de información con el propósito de determinar si se debe establecer o no una empresa que lleve a riesgos económico. El mismo estudio puede ser utilizado para evaluar la posible ampliación o expansión de un negocio ya existentes.<sup>3</sup>

##### 2.1.1. Tipos de Viabilidad

En el mundo de las ciencias empresariales, existen varios tipos de estudios de viabilidad, por citar algunos, está la viabilidad técnica, legal, comercial, organizativa/operativa, y muchos otros más. Dependiendo del tipo de proyecto y la manera en que se implementa, se pueden crear parámetros para estimar el éxito o fracaso del modelo.

Entre los tipos de viabilidad:

##### 2.1.2. Viabilidad Conceptual:

Es el análisis crítico de las fortalezas y debilidades de la idea. En general, para que sea exitoso debe suplir la necesidad del mercado, obtener en un tiempo razonable los permisos para operar, ofrecer un producto o servicio que presente una ventaja diferencial en relación a sus competidores, requerir una inversión de capital inicial al alcance del proponente.

---

<sup>2</sup> “Definición de Viabilidad — Definion.de.”

<sup>3</sup> “ArticuloViabilidad.pdf.”

### **2.1.3. Viabilidad Operativa:**

Es la “medida” del correcto funcionamiento de una posible solución a los problemas dentro de una organización. Define las necesidades de personal, estima costo de sueldos, salarios y honorarios, sistemas de gestión contable, inventario cobranzas, proveedores, atención al cliente. Etc.

### **2.1.4. Viabilidad Técnica:**

Es el análisis que se realiza para hacer referencia a aquello que atiende a las características tecnológicas y naturales involucradas en el proyecto. Provee información sobre diversas formas de materializar el proyecto o procesos. Con esta información se determina cual es la forma más eficiente de materializar un proyecto. Esta determinación de eficiencia se realiza basándose en criterios técnicos y económicos.

### **2.1.5. Viabilidad del mercado:**

Este análisis estudia el tamaño del mercado potencial, el tamaño del mercado objetivo, la cuota del tamaño objetivo. Se analiza si los indicadores de mercado son razonables o realistas.

## **2.2. Indicadores financieros. Indicadores de evaluación.**

*Los siguientes indicadores financieros fueron obtenidos del trabajo de investigación de grado “Evaluación y Diseño para la implementación de una planta de biogás a partir de residuos orgánicos Agroindustriales en la región metropolitana”, Santiago de Chile, enero 2013.*

### **INDICADORES FINANCIEROS**

#### **2.2.1. Valor presente neto (VPN)**

El Valor Presente Neto consiste en el valor equivalente en un tiempo cero (hoy) de los flujos de efectivo de la investigación (proyecto). En otras palabras, es el valor de indiferencia que uno estaría dispuesto a pagar por un proyecto hoy. El VPN, para un proyecto de N periodos, se calcula de la siguiente forma:

$$VPN = -I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{f_i}{(1 + \delta)^i}$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial,  $f_i$  es el flujo de efectivo para el periodo  $i$  y  $\delta$  es la Tasa de descuento fijada para el proyecto. La tasa de descuento refleja el valor del dinero en el tiempo y se fija dependiendo del riesgo que tenga el éste. Cuando el riesgo de un proyecto es mayor, se exige una tasa de descuento mayor, lo contrario cuando el riesgo es menor.

### **2.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de descuento que hace cumplir la condición de que el VPN del proyecto sea equivalente a cero. Explicando de otra manera, la TIR para un estudio (proyecto) de N años, está definida por:

$$0 = VPN - I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{f_i}{(1 + TIR)^i}$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial,  $f_i$  es el flujo de efectivo para el periodo  $i$  y TIR es la Tasa de Retorno de la investigación.

Otra forma de entender la TIR, es considerarla como la tasa que entrega el “depósito” de un monto equivalente a la inversión de un proyecto – durante el número de periodos utilizados en la evaluación.

### **2.2.3. Periodo de recuperación de inversión (Payback Period)**

Este indicador consiste en calcular el tiempo el en que el la inversión (proyecto) tarda en recuperar la inversión. Se calcula bajo la siguiente definición:

$$0 = -I_0 + \sum_{i=0}^{n=Payback} f_i$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial,  $f_i$  es el flujo de efectivo del periodo,  $i$  y  $n$  son el periodo de recuperación. Dado a que este indicador no considera el valor de dinero en el tiempo - tasa de descuento – se le puede agregar un factor  $\delta$  – equivalente a la tasa de descuento – a  $f_i$  para corregir esto.

#### **2.2.4. Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad consiste en calcular los nuevos flujos de caja – y con estos distintos indicadores de rentabilidad –, al cambiar el valor de alguna variable de la investigación como los costos, inversión, ingresos, etc. Para mostrar la diferencia de una manera más gráfica, generalmente se calcula el cambio porcentual del VAN con la siguiente fórmula:

$$VAN_{\%} = \frac{VAN_f - VAN_i}{VAN_i}$$

Donde  $VAN_{\%}$  es el cambio porcentual en el VAN por el cambio de algún indicador del proyecto,  $VAN_f$  es el nuevo valor del VAN luego de realizar el cambio del indicador y  $VAN_i$  es el valor de VAN antes de realizar un cambio.

### **2.3. Otros métodos**

*Estipulados por el Banco mundial como indicadores de evaluación.*

#### **2.3.1. Análisis punto de equilibrio (Break even point)**

Es un análisis el cual indica el punto donde los ingresos totales es igual a los costos totales. Este análisis se puede realizar en unidades de producción o en unidades monetarias.

$$CT = IT$$

donde CT son los costos totales y IT son los ingresos totales

### **2.3.2. Indicadores de Costo Eficiencia**

Analiza lo que cuesta producir una unidad de producto una unidad de producto y responde a la pregunta de qué tan costoso es producirla.

### **2.3.3. Indicadores de Costo Efectividad**

El Costo/Efectividad (C/E), análisis en el que se asume una meta a lograr o un efecto a obtener y se pregunta cuál es la forma menos costosa de llegar a la meta. Se analiza como pueden invertirse mejor los recursos<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> “Core-Sesion-4-Introduccion-a-Analisis-Costo-Beneficio-Y-Costo-Efectividad-F-Mejia.pdf.” WorldBank

## 2.4. GENERALIDADES DEL BIOGAS

### 2.4.1. Qué es el biogás

Según la definición del estudio El biogás es un compuesto gaseoso, constituido, en la mayoría de sus masas, en una variación promedio de 59% de gas metano [ $CH_4$ ] un 40% de gas carbónico o dióxido de carbono [ $CO_2$ ] y un 1% de otros gases restantes.<sup>5</sup>

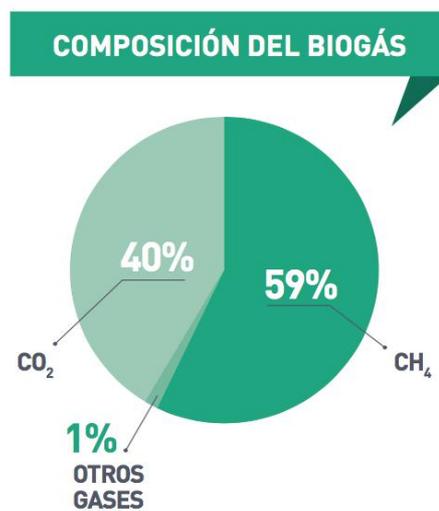


Imagen 1 Composición química del biogás.

Fuente: Biogas - A Energía invisible - Cícero Bley Jr. 2014

Se trata de un gas volátil y energético que puede ser utilizado para implementar en los trabajos de actividades de producción. El biogás resulta de la degradación de anaeróbica (con ausencia de oxígeno) de la materia orgánica o biomasa, realizada por colonias mixtas de microorganismos dentro de un biodigestor.<sup>6</sup>

### 2.4.2. Digestión anaeróbica.

<sup>5</sup> "Biogas - A Energía Invisible - Cícero Bley Jr. 2014.pdf."

<sup>6</sup> "Biogas - A Energía Invisible - Cícero Bley Jr. 2014.pdf." Adaptado.

“Como su nombre lo indica, el gas "bio" se produce en un proceso biológico. Excluyendo el oxígeno (como anaeróbico), una mezcla de gases se forma a partir de materia orgánica, el llamado biogás. Este proceso, que está muy extendido en la naturaleza, tiene lugar, por ejemplo, en los páramos, en el fondo de los lagos, en los pozos de estiércol y en el rumen de los rumiantes”. A través de una serie de microorganismos, la materia orgánica se convierte casi completamente en biogás.

Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, composición del biogás, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico.<sup>7</sup> De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo.

### **2.4.3. Proceso de Biogás**

El proceso de desarrollo del biogás se puede subdividir en varios sub-etapas. Los pasos de eliminación individuales deben equilibrarse de manera óptima para que el proceso general se desarrolle sin problemas.

El diagrama de la imagen 2 indica las diversas etapas de la digestión.

---

<sup>7</sup> “Manual de Biogas - Gobierno de Chile.pdf.” 2011

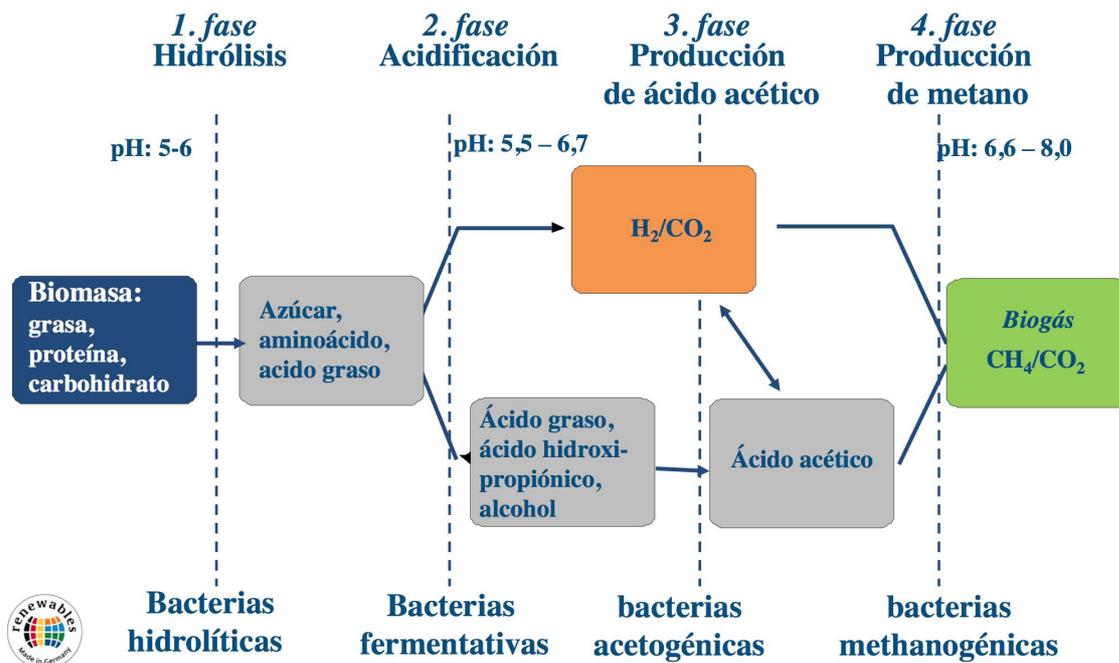


Imagen 2 Etapas de la digestión anaerobia.

Fuente: Asociación Alemana de Biogás.<sup>8</sup>

#### 2.4.4. Descripción de fases:

1. En la primera **Fase Hidrolisis**, Las bacterias hidrolíticas implican enzimas de liberación que descomponen el material (carbohidratos, grasas) bioquímicamente y lo dividen en compuestos orgánicos más simples (aminoácidos, azúcares).
2. En la segunda **Fase Acidificación**: Los productos intermedios formados se degradan acidificando las bacterias para reducir los ácidos grasos (ácido acético, propiónico y butírico), así como dióxido de carbono e hidrógeno. Además, sin embargo, se forman pequeñas cantidades de ácido láctico y alcoholes.
3. En la tercera **Fase de Producción de ácido acético o Acetógenis**: la acetógenis "formación de ácido acético", estos substratos son convertidos posteriormente por bacterias acetogénicas en precursores del biogás (ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono).

<sup>8</sup> "Asociación Alemana de Biogás - El Uso de Biogas En Alemania.pdf."

4. En la **cuarta Fase de Producción de Metano o Metanogénesis**: el último paso en la formación de biogás, el ácido acético así como el hidrógeno y el dióxido de carbono se transforman de arqueas metanógenas, estrictamente anaeróbicas, en metano.<sup>9</sup>

El biogás obtenido por medio de esta transformación está compuesta de una mezcla de gases combustibles y su composición depende del tipo de material orgánico utilizado para su producción y las condiciones de operación de los reactores donde ocurre la transformación.

#### **2.4.5. Tipos de biodigestores.**

De acuerdo al método de carga utilizado se distinguen dos tipos genéricos de biodigestores:

1. Biodigestor de flujo discontinuo: Se realiza la carga una sola vez y quedan cerrados por un tiempo fijo de retención hasta que haya terminado el proceso de fermentación y no haya producción de gas. La operación consiste en cargar el biodigestor con el substrato que luego es sellado para el proceso de fermentación que se realiza en un periodo de 30 y 180 días, dependiendo de la temperatura ambiente. Durante este periodo la producción de gas aumenta paulatinamente hasta llegar a su punto máximo y luego declina.<sup>10</sup>
2. Biodigestor de flujo continuo: Este tipo de reactores empezaron a desarrollarse a partir de que las experiencias realizadas en laboratorio demostraron que el calentamiento, la mezcla y la alimentación uniforme, favorecían al proceso de digestión. Los digestores de flujo continuo los efluentes son cargados y descargados en forma periódica, por lo general todos los días.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> "Leitfaden\_Biogas\_web\_V01.pdf," n.d.

<sup>10</sup> "GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE BIOGAS.pdf."

<sup>11</sup> "2 Generación Y Utilización Del BIOGAS: Experiencias En Alemania Y El Potencial En Paraguay - Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut Für Umwelttechnik Und Energiewirtschaft 09.12 .pdf."

#### **2.4.6. Producción del biogás.**

La línea base de la producción de biogás se constituye en el tratamiento sanitario por biodigestión anaeróbica de cualquier biomasa residual, desechos de producción de animales, residuos sólidos provenientes de la transformación de la producción agrícolas o de levaduras especialmente plantadas para fines energéticos.<sup>12</sup>

#### **2.4.7. Modos de producción.**

- De forma individual: pequeños biodigestores de finca productores de fincas.
- Por productores de gran escala: Frigoríficos y grande productores agroindustriales que generan grandes cantidades de desechos biodegradables.
- Por grupo de productores de forma cooperativa y/o colectiva

#### **2.4.8. Modo de producción cooperativa, colectiva caso Granja Haacke, Santa Helena - PR.**

En la producción Europea, como también algunos modelos ya implementados en Latinoamérica, caso de la producción en la Granja Haacke en Santa Helena, Paraná - Brasil, los grupos de productores transportan los desechos animales y vegetales hasta un biodigestor establecido en un lugar estratégico para de ahí obtener el biogás y Biometano. Luego en asociación con Scania do Brasil y la Itaipu Technology Park Foundation, el biometano producido es utilizado en transporte públicos especiales con motores movidos con éste gas, proveído por Scania Brasil, que son utilizados dentro de la ciudad y en el complejo Itaipu.<sup>13</sup>

#### **2.4.9. La economía del Biogás.**

La economía del biogás se basa en la comercialización del tratamiento sanitario de cualquier biomasa residual. En otras palabras los residuos de la

---

<sup>12</sup> "0 Biogas - A Energia Invisível - Cícero Bley Jr. 2014.pdf." Adaptado.

<sup>13</sup> "Haacke Farm, Santa Helena/Paraná | CIBiogás."

producción animal, los residuos sólidos de la producción agrícola o cosechas plantadas específicamente que luego son descompuestos para fines energéticos.

## **2.5. SUSTRATOS**

### **2.5.1. Producción de Biogás con sustratos agropecuarios**

En principio, todos los productos agropecuarios, ya sea de origen vegetal (residuos de la cosecha) o animal (estiércol, residuos), y algunos cultivos dedicados para su (maíz, trigo, entre otros, caso alemán), pueden ser utilizados como sustrato en una planta de biogás. **El estiércol tiene una importancia adicional, porque puede ser utilizado como sustrato base en la co-digestión.** La aplicación del material digerido como fertilizante es útil y eficaz para las plantaciones, pero debe ser controlada en términos de balance de nutrientes y seguridad sanitaria.<sup>14</sup>

### **2.5.2. Origen y recolección de residuos y su importancia en la producción de biogás.**

Según la Real Academia de la Lengua Española se entiende por residuo “al material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación” o “resto de la sustracción y de la división”.<sup>15</sup> En el campo laboral, las industrias y empresas generan estos residuos que luego deben desechar o conservar para su reutilización.

Para la producción de biogás, los residuos biodegradables deben ser acondicionados antes de iniciar el proceso de biogás, acomodándolas en agrupaciones de estado líquidos, semisólidos o sólidos.

**El tamaño de las instalaciones es un indicador primario de si la recuperación de biogás será económicamente factible.** Las instalaciones grandes generalmente producen suficientes residuos, de manera continua, para

---

<sup>14</sup> “6 Tecnologías de Digestión Anaerobia Con Relevancia Para El Brasil. Substratos, Digestores Y Uso de Biogás.pdf.”

<sup>15</sup> ASALE, “Diccionario de La Lengua Española - Edición Del Tricentenario.”

mantener una planta de biogás. Aunque debe de anotarse que el criterio del tamaño no es absoluto, algunas productores o fincas pequeñas también pueden realizar exitosamente el proyecto de biogás.<sup>16</sup>

### **2.5.3. Tipos de residuos orgánicos por sectores.**

Existen tres tipos de residuos orgánicos, que de acuerdo a su clasificación se reconoce el origen de donde proviene.

- Sector primario: son los residuos agrícola, ganadero y forestales
- Sector secundario: Residuos industriales, agroalimentario, textiles, etc.
- Sector terciario: residuos urbanos (RSU, lodos de depuración, etc.)<sup>17</sup>

Es importante saber que las sustancias toxicas presentes en las materias primas deben ser mínimas, y que ciertos materiales no deben ser cargados en el digestor ya que dañan el proceso, estos incluyen materiales tóxicos que no permiten la digestión, por ejemplo, los residuos de pesticidas, metales pesados, aceites entre otros. El principal propósito del manejo y control de los residuos para la pos carga al digestor es maximizar la calidad y cantidad de los productos, y por lo tanto los beneficios ambientales y económicas de estas. Aunque existe muchos factores que influyen en la producción de biogás a partir de los residuos orgánicos, la calidad y cantidad de los residuos recolectados determina la cantidad de biogás a ser producido.<sup>18</sup>

### **2.5.4. Composición técnica y rendimiento de sustratos.**

### **2.5.5. Composición técnica NPK.**

Existen varios estudios de sustratos que son elaborados en laboratorios especiales en todo el mundo. Cada una posee ciertas variaciones dependiendo de dónde provenga el estudio y del tipo de sustrato. Con estos datos estiman la

---

<sup>16</sup> "A Manual For Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United StatesA Manual For Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United Statespdf."

<sup>17</sup> "Los Residuos Orgánicos de Origen Agrícola."

<sup>18</sup> "GUIA\_PARA\_LA\_IMPLEMENTACION\_DE\_SISTEMAS\_DE\_PRODUCCION\_DE\_BIO.pdf."

cantidad de producción posible de biometano por sustrato y el porcentaje de desechos de su producción en digestores. Así también se analiza el valor de nitrógeno, fosforo y potasio (NPK) de cada sustrato ya que son fundamentales para la tratativa de las tierras de producción agrícola y su comercialización. En la tabla 1 el valor de NPK de los sustratos y en la tabla 2 el rendimiento de producción de biometano (biogás) por sustrato. *Los siguientes datos obtenidos fueron realizados por Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura de Alemania en su publicación Leitfaden Biogas.*

Sustrato	DM	VS	N	P2O2	K2O
	[%]	[%DM]	[% DM]		
Lodo líquido de cerdo (bosta)	10	80	3.5	1.7	6.3
Ensilaje de maíz	33	95	2.8	1.8	4.3
Granos de cereales	87	97	12. 5	7.2	5.7

**Tabla 1** Composición técnica de los sustratos

Fuente: Leitfaden Biogas, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.  
Elaboración propia

### **2.5.6. Rendimiento de sustratos.**

Sustrato	Rendimiento de biogás	Rendimiento de CH4	Rendimiento específico de CH4
	[Nm3/t FM]	[Nm3/t FM]	[Nm3/t FM]
Lodo líquido de cerdo (bosta)	25	14	210
Ensilaje de maíz	200	106	340
Granos de cereales	620	329	389

**Tabla 2** Rendimiento de sustratos

Fuente: Leitfaden Biogas, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.<sup>19</sup>  
Elaboración propia

## **2.6. Beneficios estimados del Biogás .**

### **2.6.1. Beneficio económico**

<sup>19</sup> "Leitfaden Biogas.pdf."

- Generación de empleo. El aprovechamiento de la materia orgánica para la producción de abono, biol y biogás puede generar empleo y oportunidades de emprendimientos en toda la cadena de valor.
- Se crea un valor añadido sobre los residuos.
- Ahorro para los productores.
- Reciclado de residuos más barato y sostenible

### **2.6.2. Beneficio ambiental**

- No se genera emisiones adicionales de dióxido de carbono al quemarlo, lo cual reduce el efecto invernadero
- Se reduce la emisión del gas metano a la atmósfera, que es considerado un gas de efecto invernadero
- Reduce los malos olores de la materia orgánica en descomposición.
- Reducción de la basura orgánica tanto en zonas rurales como urbanas.
- Se podría aprovechar la materia orgánica para la producción, a gran escala, de abonos orgánicos y biol (fertilizante líquido) para el recuperación de suelos; así como de biogás para generar energía.<sup>20</sup>

### **2.6.3. Beneficio Social**

- Inclusión y trabajo cooperativo entre los sectores. La materia orgánica generada en las ciudades podría ayudar a restablecer suelos y generar abono.
- Inclusión y trabajo cooperativo entre los pequeños y grandes productores. Dependiendo del modelo establecido, se establece centro de producción de energía que es abastecido por sustratos generados por los pequeños y grandes productores.

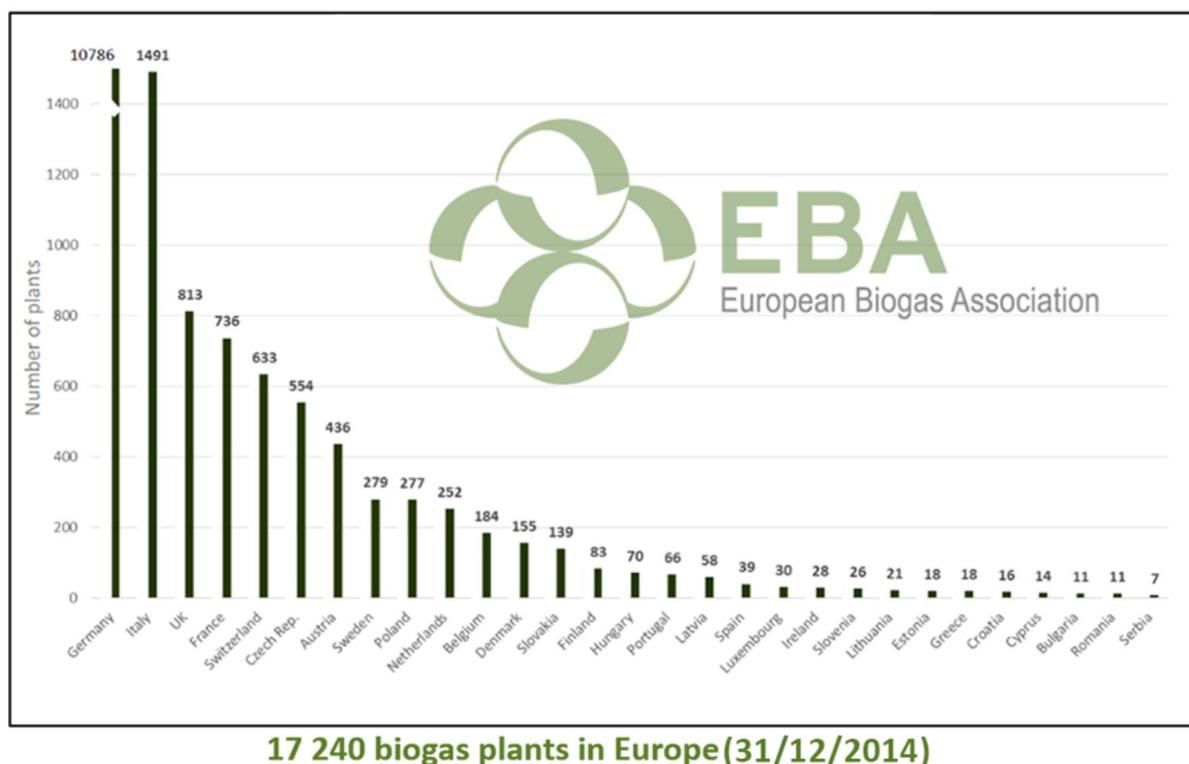
*El biogás se puede usar de manera extremadamente versátil. Debido a la eficiencia económica, la producción de electricidad y calor ha prevalecido. En el área agrícola, el biogás también se usa después de la conversión en combustible. Con la*

---

<sup>20</sup> “1 Proyecto Biogás Producción Sostenible a Gran Escala de Abono Orgánico Y Biogás Con Residuos Orgánicos Del Sistema de Aseo Urbano.pdf.”

energía de 1 kg de biomasa, una plancha (1000 W) funciona durante aproximadamente 10 minutos, una TV (80 W) funciona durante 1 hora y 45 minutos, una bombilla (60 W) se ilumina durante aproximadamente 2 horas y 20 minutos y un automóvil conduce un kilómetro sin emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>21</sup>

## 2.7. Caso de éxito en Alemania



**17 240 biogas plants in Europe (31/12/2014)**

### Imagen 3 Número de plantas de biogás en Europa

Fuente: Asociación Europea de Biogás.<sup>22</sup>

Según la Asociación Europea de Biogás, EBA por sus cifras en inglés, Alemania es el país que cuenta con el mayor número de biodigestores en Europa con 10.786 unidades en el año 2014, seguido por Italia con 1491 unidades en el mismo año. El Gobierno prioriza la conexión, compra y transmisión de electricidad de fuentes de energía renovable a fin de motivar la producción de las mismas.<sup>23</sup> El país cuenta con una asociación especializada, el “German Biogas Association” con más de 4800 miembros con 23 grupos regionales que trabajan en conjunto para

<sup>21</sup> “Technische Und -Wirtschaftliche Betrachtung Der Gasaufbereitung Und -nutzung, Anhand Drei Unterschiedlicher Biogaskonzepte, in Paraguay.pdf.”

<sup>22</sup> “EBA Biomethane & Biogas Report 2015 Published - European Biogas Association European Biogas Association.”

<sup>23</sup> “EBA Launches 6th Edition of the Statistical Report of the European Biogas Association.”

mejorar las tecnologías de producción.<sup>24</sup> El incremento continuo en la implementación de plantas de biodigestores supone el éxito técnico y económico de la implementación de biodigestores en la cadena productiva.

El compromiso social y ambiental, tanto del Gobierno Germano como los habitantes ha hecho del biogás un factor viable para mitigar la emisión de los gases invernaderos y ayudar a variar y mejorar la variedad de fuentes energéticas por medio de subsidios y reducción de impuestos a los productores. El 30% de la producción de electricidad total del país, es generado de fuentes renovables, como de los cuales el 7% representa desde fuentes de biomasa.

---

<sup>24</sup> “2016\_03\_Frank\_Hofmann - Biogas in Germany Development, Technology and Benefits.pdf.”

### 2.7.1. Caso de éxito de producción de biogás en Brasil.

Algunos ejemplos de empresas que implementan la producción de biogás.

Nombre de	Granja São Pedro Colombari
Localización	San Miguel de Iguazú - PR
Estatus	En operación, con utilización de desechos de 5000
Producción de biogás	750 m <sup>3</sup>
Fines de uso del biogás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La granja utiliza generadores de 104kVA, produciendo cerca de 1.000 kWh/día de energía eléctrica para el autoconsumo</li> <li>• Uso de biofertilizantes para las granjas, para reducción de tiempo de crecimiento de los pastos</li> <li>• Producción de biodiesel utilizados para el transporte de los equipos de la fabrica.</li> </ul>

**Tabla 3** Datos Granja São Pedro Colombari

Fuente: CIBiogas <sup>25</sup>

Elaboración propia

Nombre	Projeto de Mobilidade a Biogás – Granja Haacke
Localización	Santa Elena - PR
Estatus	En operación, con uso de biometano para vehículos dentro del Parque Tecnológico Itaipu
Producción de biogás	1.000 m <sup>3</sup> de biogás por día, con posibilidad de estas ser convertidas en 700 m <sup>3</sup> de biometano por día
Fines de uso del biogás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de energía vehicular (biometano), para movilidad del parque tecnológico Itaipu.</li> </ul>

**Tabla 4** Granja Haacke, Santa Elena – PR

Fuente CIBiogas <sup>26</sup>

Elaboración Propia

<sup>25</sup> “Granja São Pedro Colombari | CIBiogás.”

<sup>26</sup> “Granja Haacke | CIBiogás.”

Nombre	Condominio Ajuricaba
Localización	Marechal Cândido Rondon - PR
Estatus	Aprovechamiento de desechos de bovinos y suínos de pequeñas propiedades rurales
Producción de biogás	600 m <sup>3</sup> de biogás por día
Fines de uso del biogás	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Producción de energía eléctrica por medio de un generador de 100kVA, redistribuida para los condóminos y comercializado para la utilización térmica para plantas agroindustriales locales.</li> <li>● Uso en las propiedades rurales como sustituto de gas de cocina para la cocción de alimentos.</li> </ul>

**Tabla 5** Condominio Ajuricaba, Marechal Cândio Rondon – PR

Fuente: CIBiogas  
Elaboración propia

“El Condominio está formado por 33 pequeñas propiedades rurales, con actividades de porcicultura y ganadera. La biomasa residual producida es tratada en las propiedades, por medio de biodigestores de laguna cubierta o rígida, donde se produce biofertilizante y biogás.”<sup>27</sup>

<sup>27</sup> “Condomínio Ajuricaba | CIBiogás.”

## **3. Marco Metodológico**

### **3.1. Aspectos metodológicos**

El estudio se enfoca en un análisis de las posibles alternativas para llevar a cabo una implementación de biodigestor en el complejo soja. Para esto, es necesario examinar opciones tanto de variables técnicas como económicas. Luego, el realce del estudio se encuentra en medir y valorar de la forma más clara posible los costos y beneficios de un proyecto.

Se realiza un estudio de caso de la producción de biogás en el Brasil con el propósito de extraer aprendizajes técnicos relevantes para el estudio de “pre-factibilidad técnico-económica”. Partiendo de este modelo se busca estimar los costos de implementación de un biodigestor parecidos con costos locales de Paraguay.

El trabajo es un estudio descriptivo con fuente de datos secundarios extraídos de paginas webs de entes estatales como el Viceministerio de Minas y Energia del Paraguay (VMME), el Banco Central del Paraguay (BCP), de gremios y productores del sector agropecuario como la Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO), e informaciones extraídas de publicaciones de estudios específicos que estas últimas organizaciones han realizado. Para el estudio técnico se extrayeron informaciones de estudios publicados por asociaciones como ABiogas, CIBiogas, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Probiogas y la Universidad de Harburg-Hamburg de Alemania entre otras fuentes.

## 3.2. Modelo Teórico

### Puntos para el estudio de pre factibilidad tecno-económica de la implementación de biodigestores.

Para el análisis de pre factibilidad el estudio de análisis se resultado se realizará siguiendo los siguientes pasos:

1. Realizar un benchmarking en el modelo de producción de biodigestores del Brasil con el propósito de extraer oportunidades y aprendizajes relevantes para el estudio de factibilidad técnico-económica.
2. Realizar un estudio de mercado que contemple el mercado energético. Lo anterior, con el fin de tener una visión más amplia del mercado estudiado que permita validar las posibles aplicaciones de los sustratos disponibles para el del modelo presentado
3. Determinar costos de inversión y operacionales para la planta de producción de biogás según especificaciones determinadas partiendo de datos obtenidos del Proyecto Concordia-SC. Utilizar los indicadores financieros para evaluar económicamente el proyecto y entregar indicadores relevantes.
4. Se creará escenarios de ventas de los resultados obtenidos y se realizará un análisis de sensibilidad con objeto de entender las variables que afectarían positiva o negativamente el modelo aplicado. Como por ejemplo venta de la energía eléctrica junto con el fertilizante utilizando generadores de 100 KWh o 1.000KWh.
5. A partir del volumen disponible y especificaciones del sustrato que actualmente posee el complejo soja y la producción de cerdos, calcular el potencial energético, en vista de la información recopilada del modelo aplicado con respecto a la producción de biogás, estimar posibles beneficios económicos para el complejo soja.

6. A partir del análisis técnico y económico realizado, se concluirá con respecto al proyecto.

Se analizará la viabilidad del modelo estudiado por medio de los índices financieros obtenidos en el Marco teórico que serán utilizados para medir los resultados económicos de la implementación de una planta de biogás. Los índices son los siguientes:

1. Valor Neto
2. Tasa Interna de retorno
3. Análisis de sensibilidad

Se utiliza las especificaciones del anteproyecto “Desenvolvimento de um anteprojeto para a implantação de uma usina modelo de pesquisa e capacitação de biogás na região de Concórdia/SC” o Proyecto Concordia-SC, realizado por la cooperación técnica entre la Secretaría Nacional de Saneamiento Ambiental del Ministerio de las Ciudades de Brasil y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) *Sociedad Alemana de Cooperación Internacional* de Alemania, como modelo base para la evaluación de los costos de implementación de un mismo sistema de biodigestor, el mismo proceso de generación, presupuestos de implementación con la misma cantidad de mano de obra pero actualizados con precios locales. Para ello se actualiza los el costo de inversión, los precios de mano de obra, consumo vehicular y el precio del mercado.

## 4. Análisis de Datos

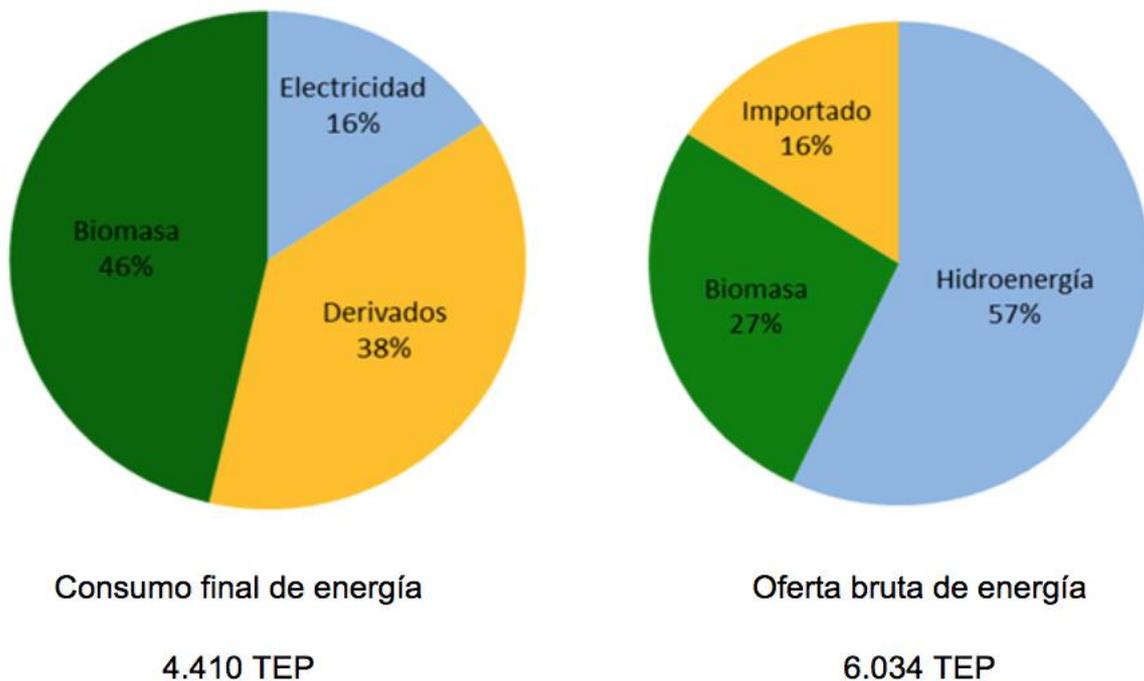
### ESTUDIO DE MERCADO.

#### 4.1. Datos energéticos del país

##### 4.1.1. Matriz energética en Paraguay

Paraguay se caracteriza por una elevada oferta de energía primaria de origen renovable y local, especialmente la producción y oferta de la hidroenergía y la biomasa. De acuerdo con el balance energético del 2012, el 57% de la oferta energética correspondió a la hidroenergía y el 27% a la biomasa (leña, carbón vegetal y residuos vegetales), el 16% restante fueron los hidrocarburos.

En cuanto al consumo final, la biomasa ocupa el 46% de la energía consumida en el país, el 16% la electricidad y el 38% de los hidrocarburos.<sup>28</sup>



**Imagen 4** Consumo final y oferta bruta de energía

Fuente: Viceministerio de Mina y Energía, publicación 14-01-2014

<sup>28</sup> VMNE "Matriz Energética En Paraguay."

#### **4.1.2. Comercialización de Energía eléctrica y la el establecimiento de precios**

La comercialización de energía eléctrica en Paraguay está a cargo de la Administración Nacional de electricidad (ANDE), con lo cual cuenta con usuarios del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y un sistema aislado, con un consumo anual total de 14.179 GWh. Los precios de la energía eléctrica al consumidor final están regulados y establecidos en los Pliegos Tarifarios de ANDE los que dependen de la aprobación del Poder Ejecutivo. Actualmente está vigente el Pliego de Tarifas N° 20 aprobado en mayo del año 2005 y reglamentaciones que atienden específicamente la Tarifa Social y Tarifas para Industrias Electointensivas. (Ley N° 3480/ 2008 - "Que amplía la Tarifa Social de Energía Eléctrica", Decreto N° 1702/ 2009 - "Que reglamenta la Ley 3480/2008", Decreto N° 7406/ 2011 - "Que establece las tarifas de Energía Eléctrica para Industrias Electointensivas" y Decreto N° 6474/ 2011 - "Que amplía la Tarifa Social de la Energía Eléctrica").<sup>29</sup>

#### **4.1.3. Tarifas, grupo de consumo industrial**

Pertencen a este Grupo de Consumo los clientes que se encuentren inscriptos en el Registro Industrial del Ministerio de Industria y Comercio. Para pertenecer a éste Grupo, el cliente deberá presentar a la ANDE el certificado emitido por el mencionado Ministerio, haciendo referencia al establecimiento industrial en cuestión.<sup>30</sup>

Fajas de consumo	Precio	Unidad
Tarifa única de energía	404.97	Gs/kWh
Equivalente	404,970	Gs/MWh
Equivalente	72,58	US\$/MWh

Tabla 6 Tarifa, grupo industrial ANDE

Elaboración: Propia

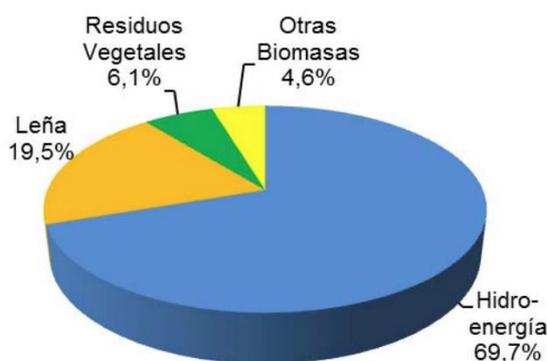
Fuente: ANDE, Pliego de Tarifas nro. 21

<sup>29</sup> "Energía - Comercialización."

<sup>30</sup> "ANDE PLIEGO21.pdf."

#### **4.1.4. Producción de energía primaria en Paraguay**

La producción total de la energía primaria del Paraguay fue de 9,234.77 kTep. Como se puede ver en el grafico xx el Paraguay produce cuatro fuentes primarias principales; la hidroenergía, leña, Residuos vegetales y otras biomásas restantes.<sup>31</sup>



**Imagen 5** Producción de energía primaria - Paraguay 2011

Fuente : Balance Nacional en Energía Útil 2014

#### **4.1.5. Consumo de la biomasa sólida (leña) en el sector soja.**

El uso de leña para secar los granos es de 0.08 toneladas (t) por t de soja y 0.6 por tonelada de trigo, maíz y girasol; por lo tanto, el uso total de leña es de 333.000, 673.000, 1.8565.000 y 118.000 t respectivamente para la soja, el trigo, el maíz y el girasol. Según información revelada de entrevistas realizadas por el VMME con las empresas agroindustriales, el uso de biomasa sólida es mucho más económico que el uso de fuel-oil o electricidad.<sup>32</sup>

Según el reporte anual 2016 del VMME, los estimados de consumo de la biomasa, leña, carbón vegetal y residuos agroforestales y alcoholes crecen en un 1.7% mayor registrado el año anterior (años 2015-2016). El 55% del consumo total de productos de la biomasa corresponden a la leña.

Por otra parte, los mayores requerimientos de energía del sector industrial paraguayo se refieren a necesidades térmicas. Según los datos publicados por el

<sup>31</sup> "Balance Nacional en Energía Útil - BNEU Consolidado 11-02-14.pdf."

<sup>32</sup> "Publicación VMME, Producción de biomasa sólida en Paraguay - 37. Producción Y Consumo Biomasa (1).pdf."

VMNE, muchas de las materias primas utilizadas en las industrias contienen desechos combustibles (cascarilla de coco, cascarilla de arroz, bagazo de la caña de azúcar, etc.) los cuales son utilizados para satisfacer los requerimientos de energía quemándolos en calderas. Asimismo existe en la industria una gran difusión en el uso de calderas alimentadas a leña. Esto significa que la biomasa ha sido y continúa siendo el principal combustible del sector.<sup>33</sup>

#### **4.1.6. Producción de biogás en la actualidad**

En la actualidad el biogás está muy poco desarrollado en el Paraguay. Se tiene a disposición muy pocos datos concretos de la producción de la misma. Así también se ha descubierto durante la investigación que el Estado Paraguayo cuenta con pocas publicaciones de políticas energéticas que tome en consideración en aspectos de sustentabilidad y una difusión de informaciones sobre energía renovable.

#### **4.1.7. Biodigestores en Paraguay**

- Empresa Bertín S.A.
  - Producción de  $640m^3$  de biogás por día
  - Generación de 900 kWh/día
  - Materia sobrante es vendida como fertilizante de alta calidad
- Granja San Bernardo, Alto Paraná
  - $1.000m^3$  de biogás por día
  - Generación de 3.500 kWh/día
- Otros proyectos
  - ENERPY, compañía San Blas
  - El Farol, Asunción<sup>34</sup>

#### **4.1.8. Estudio de potencialidades de producción de biogás en Paraguay.**

---

<sup>33</sup> Publicación VMME“3. SSME Biomasa En Paraguay, Generalidades.pdf.”

<sup>34</sup> “Generación Y Utilización Del BIOGAS: Experiencias En Alemania Y El Potencial En Paraguay - Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut Für Umwelttechnik Und Energiewirtschaft 09.12 .pdf.”

Según un estudio publicado en noviembre 2013 por la MOPC en conjunto con GIZ, para verificar el potencial de una planta de biogás en frigoríficos con objetivo de sustituir uso de la leña por biogás y al mismo tiempo usar los desechos orgánicos para fines agropecuarios, podría suministrar aproximadamente el 21% de la demanda térmica del rastro o reemplazar 644t de leña anualmente. En un segundo estudio, se estimó que el 22% de la demanda térmica podría sustituirse por el biogás producido, lo que equivale a 330t de leña/año.<sup>35</sup>

## **4.2. INFLUENCIAS DEL ESTADO.**

### **4.2.1. Ley N 3009 de “La producción y transporte independiente de energía eléctrica (PTIEE)**

De acuerdo al modelo estudiado, el tipo de producción de energía que cuadra con el modelo estudiado, es la “Energía no convencional”.

Será tratado como “Autogenerador” la fuente de energía proveniente del biodigestor, caso en el cual el productor independiente que genera energía eléctrica como producto secundario, siendo su propósito principal la producción de bienes o servicios.

---

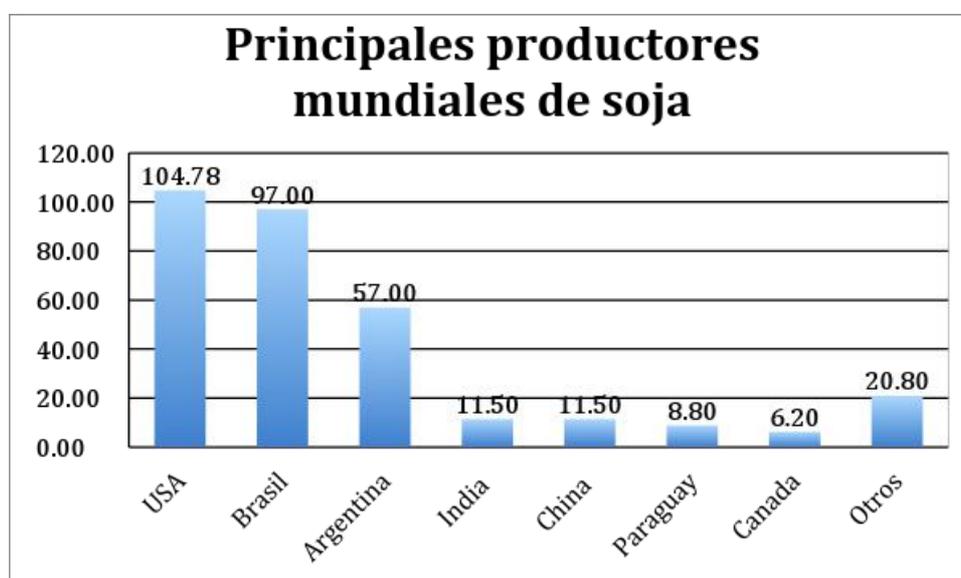
<sup>35</sup> “Producción Y Consumo Biomasa .pdf.”

### 4.3. COMPLEJO SOJA

Se enciende por complejo soja al grupo de producción, industrialización y comercialización de soja, maíz, trigo, girasol y canola en Paraguay.

#### 4.3.1. Producción de granos de soja a nivel mundial

Según estudios realizados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por su cifra en Ingles) publicados en la página de CAPECO, Paraguay se encuentra en el sexto lugar en la producción de grano de soja. Los mayores productores pueden ser observados en la siguiente tabla 5.<sup>36</sup>



**Imagen 6** Principales productores mundiales de soja.

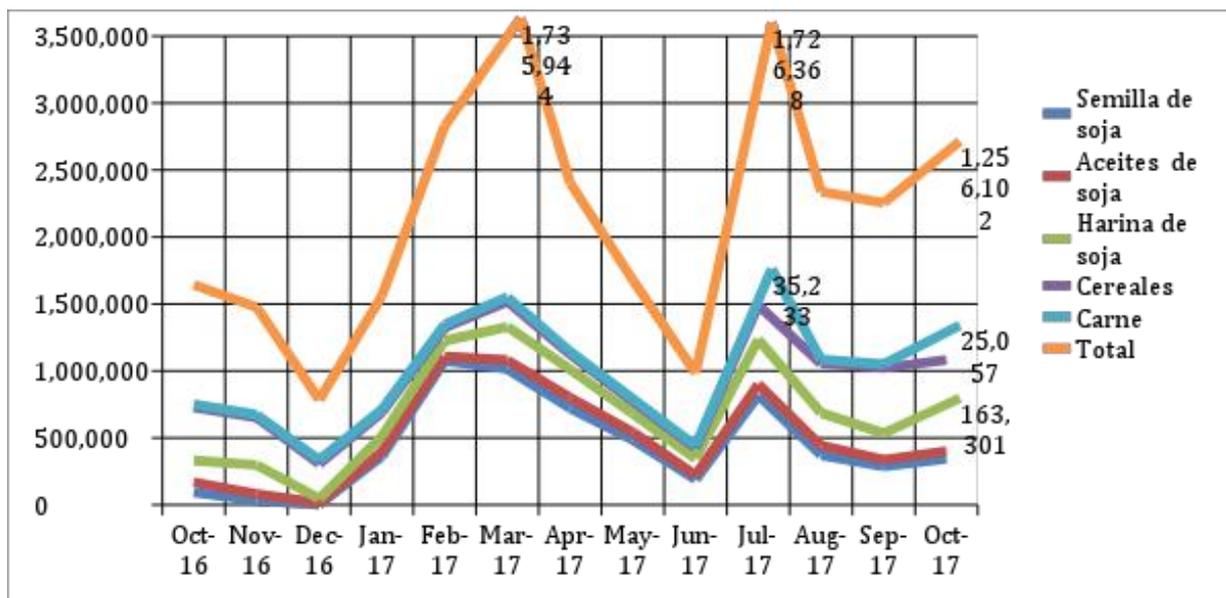
Elaboración: Propia

Fuente; Publicación de CAPECO de la USDA Jul/2015 – Zafra 2015/16

#### 4.3.2. Exportaciones registradas por principales productos.

Según datos obtenido por el Anexo Estadístico – Informe Estadístico publicado por el BCP, el grano de soja representa el 40.5% del valor económico de las exportaciones totales generadas durante el los meses de octubre 2016, al octubre 2017

<sup>36</sup> "Ranking Mundial – Capeco."



**Imagen 7** Exportaciones registradas por principales productos. En miles de dólares.

Fuente Anexo estadístico del informe económico. BCP.<sup>37</sup>

Elaboración propia.

*Durante la investigación no se hallaron informaciones acerca de producción de biogás por substratos agropecuarios o biodigestores implementados dentro del complejo soja.*

<sup>37</sup> "Anexo Estadístico Del Informe Económico - BCP - Banco Central Del Paraguay."

### 4.3.3. Datos Producción

### 4.3.4. Producción en toneladas de soja, maíz, trigo.

La producción de soja ha tenido un incremento exponencial en los últimos años. Desde el 2006 al 2016 hubo un aumento de 253%, o 2.5 veces más.

Zafra	Producción comercial (t)		
	Soja	Trigo	Maíz
2005-2006	3,641,186	620,000	1,100,000
2006-2007	5,581,117	800,000	2,000,000
2007-2008	5,968,085	799,732	2,632,396
2008-2009	3,647,205	1,066,800	1,857,840
2009-2010	6,462,429	1,402,043	1,844,684
2010-2011	7,128,364	1,442,598	3,071,033
2011-2012	4,043,039	1,202,236	3,126,497
2012-2013	8,202,190	1,500,000	3,461,658
2013-2014	8,189,542	701,439	3,935,596
2014-2015	8,153,587	1,514,046	3,218,777
2015-2016	9,216,937	1,262,918	4,000,000
<b>Total</b>	<b>70,233,68</b>	<b>12,311,81</b>	<b>30,248,48</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Tabla 5 Producción de soja, maíz, trigo.

Fuente: CAPECO, Siembra, producción y rendimiento.<sup>38</sup>

Elaboración propia

### 4.3.5. Costos de producción de soja por hectárea.

Datos por ha de soja	Valor unitario		Valor	
	Unidad	Cantidad	Unitario US\$	Total US\$
<b>Preparación del terreno</b>				
Tractopulverizador	Hora	0.40	52	21
<b>Siembra</b>				
Tractor	hora	1	21	21
<b>Aplicación de Herbicidas</b>				
Tractopulverizador	hora	0.2	52	10

<sup>38</sup> "Área de Siembra, Producción Y Rendimiento – Capeco."

<b>Aplicación de insecticida</b>				
Tractopulverizador	hora	0.1	52	5
<b>Aplicación de fungicidas</b>				
Tractor	hora	0.2	23	5
<b>Cosecha</b>				
cosechadora	hora	0.6	69	41

Costo total de uso de tractores	103
Representa el 22% del costo total	22%
Costo total por ha US\$	<b>461</b>

**Tabla 7** Costos de producción de soja por hectárea en US\$

Fuente: Costos de producción de principal rubros agrícolas periodo 2012 - MAG  
Elaboración propia

#### 4.3.6. Costos de producción Maíz por hectárea.

Datos por ha de maíz	Valor unitario		Valor	
	Unidad	Cantidad	Unitario US\$	Total US\$
<b>Preparación del terreno</b>				
arada (tractor)	Hora	2.00	21	41
Rastreada (Tractor)	Hora	1.00	14	14
<b>Siembra</b>				
Tractor	hora	1	21	21
<b>Aplicación de Herbicidas</b>				
Tractopulverizador	hora	1	52	52
<b>Aplicación de insecticida</b>				
Tractopulverizador	hora	0.15	52	8
<b>Cosecha</b>				
cosechadora	hora	0.6	69	41

Costo total de uso de tractores	177
Representa el 42% del costo total	42%
Costo total por ha US\$	<b>427</b>

**Tabla 8** Costos de producción de maíz por hectárea en US\$

Fuente: Costos de producción de principal rubros agrícolas periodo 2012 - MAG  
Elaboración propia

#### 4.3.7. Costos de producción Trigo por hectárea.

Datos por ha de trigo	Valor unitario		Valor	
	Unidad	Cantidad	Unitario US\$	Total US\$
<b>Preparación del terreno</b>				
arada (tractor)	Hora	2.00	21	41
Rastreada (Tractor)	Hora	1.00	14	14
<b>Siembra</b>				
Tractor	hora	1	21	21
<b>Aplicación de insecticida</b>				
Tractopulverizador	hora	0.2	52	10
<b>Aplicación de fungicida</b>				
tractor	hora	1	39	39
<b>Cosecha</b>				
cosechadora	hora	0.6	69	41

Costo total de uso de tractores		167
Representa el 42% del costo total		40%
Costo total por ha US\$		<b>418</b>

**Tabla 9** Datos de producción de trigo por hectárea en US\$

Fuente: Costos de producción de principal rubros agrícolas periodo 2012 - MAG<sup>39</sup>  
Elaboración propia

<sup>39</sup> "COSTO DE PRODUCCION FINAL ANHO 2012 Crip.pdf."

## **DESCRIPCION GENERAL PARA CALCULOS FINANCIEROS DE IMPLEMENTACION DE UNA USINA DE 100 KWh DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA Y VENTA DE FERTILIZANTES. ESTIMACION DE COSTOS**

*Partiendo del modelo de implementación de biodigestores, caso proyecto Concordia-SC, se realiza el análisis general para el cálculo financiero para la implementación de la Usina en el complejo soja. En principio se realiza un estudio de la posible comercialización de energía eléctrica y biol (fertilizante).*

### **4.3.8. Proceso de generación de biogás de la usina.**

### **4.3.9. Substratos**

En el caso estudiado, el substrato principal será el desecho de cerdo que acompañará a la base húmeda semisólida necesaria para la producción del caso estudiado. La soja no será utilizada como substrato para la producción de biogás debido que durante la investigación resaltó que la misma no es utilizada para este fin. Toda la materia de la soja es utilizada para otros fines de comercialización y no se encontró casos de plantación de soja para fines de producción de biogás. Para el modelo pueden ser utilizados residuos aviares y otros cosubstratos en menor cantidad, tales como residuos de la industria de alimentos, frigoríficos, basura urbana que podrán ser inyectados en el proceso de producción para la base de la producción de la misma.

### **4.3.10. Sistema de generación de biogás**

El sistema de digestión estándar para la planta será el sistema continuo, utilizando como referencia lo expuesto en el marco teórico. El sistema presenta estabilidad, eficiencia en la producción de biogás y considerado un sistema seguro.

### **4.3.11. Digestor**

Para el estudio realizado, la opción de digestor es el tanque cilíndrico con cuerpo metálico y acabado esmaltado interno. La elección de este tipo de digestor brinda mayor facilidad de producción de gas y facilidad para el control de la biología según experiencias de implementación en plantas de biogás en Brasil planta Concordia. *Ver características y especificaciones del digestor modelo en Anexo 01.*

#### **4.3.12. Proceso de generación de biogás de la usina.**

Para el modelo estudiado, se prevé inicialmente una usina de biogás de pequeño porte, con un motor generador de producción de electricidad de hasta 100 KWh y compuesta, principalmente, por un tanque receptor de residuos, digestor anaeróbico, área para la separación del digestato en las fases sólidas y líquidas, y la conexión eléctrica.

#### **4.3.13. Calculo Financiero de la Planta de biogás**

En este capítulo se describe los puntos necesarios para el desarrollo y ejecución de las usinas de biogás del modelo propuesto.

#### **4.3.14. Producción**

Considerando los desechos de producción de cerdo como sustrato principal de la usina de modelo.

- Volumen diario medio de desechos porcinos: de 70 hasta  $140 \frac{m^3}{d}$
- Periodo de recibimiento de sustratos: 24 h/d
- Biogás producido – media con  $70 \frac{m^3}{d}$  de desechos:  $1.400 \frac{m^3}{d}$
- Número de matrices: 3600 cabezas de cerdo
- Potencia nominal del grupo motor-generador: promedio 40%
- Consumo de biogás del motor:  $55 \frac{m^3}{d}$
- Factor de disponibilidad: 0,90
- Energía eléctrica producida: 800.000 kWh/año
- Energía consumida por la usina: ~30 kWh.

#### 4.3.15. Personal operativo

El personal o régimen operativo estimado para el proyecto modelo está presentado en la tabla. *Para mayor especificación ver tabla de sueldos Anexo 02 Cuadro de sueldos estimados.*

Descripción	Nivel escolar superior	Nivel técnico	Total
Operación	3	4	7
Manutención	1	2	3
Biología	1		1
Dirección/Administración	1	1	2
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>13</b>

**Tabla 10** Números de personal estimado para la usina biogás.

Fuente: Régimen Operacional del Proyecto Concordia-SC

Elaboración propia

La operación quedará a cargo del cuadro del personal de la planta. Estos deben estar bien capacitados y entrenados en sus especialidades.

#### 4.3.16. Generación de energía eléctrica

La energía generada en la usina es renovable y su fuente primaria son los residuos de chanco, que será convertida en biogás a través del proceso de fermentación anaeróbica. El biogás será convertido en energía eléctrica a través de un grupo de generadores compuestos por un motor de *ciclo Otto* y un generador/alternador síncrono.

Considerándose una potencia instalada de hasta 100 kW es un factor de disponibilidad de 90% conforme a lo demostrado sigüentemente:

$$\text{Energía generada} = 100\text{kW} \times 8.000 \text{ h/año} \times 0,90 = 720.000 \text{ kWh/año}$$

Considerándose un consumo interno de 30 kWh tenemos una generación de energía líquido generada anual de 457.200 kWh/año, de acuerdo al cálculo siguiente:

**Energía líquida anual = 720.000 kWh/año – (30x8.760 h/año) = 457.000 kWh/año**

#### **4.3.17. Valor de venta de energía eléctrica.**

El valor de venta de la energía considerado para cálculo, conforme costo local del “Pliego número 21” de la ANDE de marzo / 2017, es de **72.58 US\$/MWh**, lo que generará un ingreso de **33,183 US\$ / año** (457,2 MWh x 72.58 US\$/MWh).

#### **4.3.18. Valor de venta de biogás producida.**

Debido a que no se produce biogás en el mercado paraguayo, no se tiene un precio promedio, ni estimaciones de precio de venta de biogás como gas metano. Para este estudio se toma como parámetro el precio de venta según los costos de la empresa COPESA, que sustenta el precio de venta promedio del GLP en Paraguay, la venta de gas por  $m^3$  es 1.099 US\$ ~ **1.1 US\$/ $m^3$** .

#### **4.3.19. Valor de venta de Fertilizante.**

De acuerdo a la cantidad de NPK (Nitrógeno 4.5, Fósforo 2.0, Potasio 6.0), de cada substrato, es utilizado el parámetro de precio internacional de cada elemento químico para estimar el costo del fertilizante.

En este caso, hablamos del fertilizante de residuos de cerdos que equivale a un precio de venta de **32 US\$/t.**<sup>40</sup>

#### **4.3.20. Aspectos tributarios**

Durante la investigación no se hallaron leyes impositivas directas a lo que sería la producción de biogás en Paraguay con fines de venta de energía eléctrica o energía térmica.

#### **4.3.21. Presupuesto**

---

<sup>40</sup> “Composición de Los Estiercoles.pdf.”

Los equipamientos fueron calculados con base en la cantidad de la materia orgánica del proyecto Concordia, de sólidos totales analizados en los desechos porcinos, considerándose el tamaño del proceso de fermentación anaeróbica de la tecnología adoptada en Alemania. Los datos son actualizados en la moneda Americana (Dólares americanos) y comparados con la capacidad de producción por medio el costo de substratos producidos en el de Paraguay.

El costo total de la instalación y de la producción anual son presentados para cuantificar los costos directos e indirectos para la etapa inicial de los  $70 \text{ m}^3/\text{d}$  de desechos porcinos.

#### **4.3.22. Elementos presupuestados para el proyecto de la planta de Biogás.**

Descripción	Valor total (US\$)	Porcentaje del total
Proyecto básico, Licencias, Acciones socioeconómicas	238,806	6.85%
Recepción de substratos líquidos	35,903	1.03%
Recepción de substratos sólidos	19,416	0.56%
Sistema de bombas	42,743	1.23%
Digestor	555,664	15.93%
Limpieza y Almacenamiento de Biogás	192,985	5.53%
Motor Generador	234,627	6.73%
Tanque del material digerido	140,845	4.04%
Procesos sólidos	118,200	3.39%
Cuenca de contención y tratamiento de efluentes	286,567	8.22%
Flare	49,552	1.42%
Conexión en red	114,925	3.30%
Automatización y Control	149,254	4.28%
Salas de Control, Laboratorio, Administración	56,716	1.63%
Infraestructura	35,821	1.03%
Start Biológico y Entrenamiento	127,761	3.66%
Montaje y puesta en marcha	83,582	2.40%
Incendio	29,254	0.84%
Seguridad	49,851	1.43%
Vehículos	35,821	1.03%
Control de Gas	60,597	1.74%
Instalaciones Hidráulicas	77,015	2.21%
Instalaciones Eléctricas	53,731	1.54%

Tuberías	176,119	5.05%
Proyecto e Ingeniería	342,687	9.83%
Administración y Gerenciamiento de la obra	179,104	5.14%
<b>Valor total para la implementación</b>	<b>3,487,718</b>	<b>100%</b>

**Tabla 11** Elementos presupuestados para el proyecto de la planta de biogás.

Elaboración propia

#### **4.3.23. Gastos anuales estimados para la planta de biogás.**

Descripción	Valor total (US\$)	Porcentaje del total
Funcionarios	114,194	41.99%
Administración y Contabilidad	10,746	3.95%
Auxiliar de Alimentación	20,776	7.64%
Consumo Combustible – Vehículos	2,200	0.81%
Mantenimiento Motor Generador	9,027	3.32%
Mantenimiento General de la Usina	20,537	7.55%
Mantenimiento y Seguros – Vehículos	2,149	0.79%
Control y Monitoreo	23,881	8.78%
Análisis de Laboratorio	8,597	3.16%
Tratamiento de Efluentes y Material Digerido	12,036	4.43%
Gastos Materiales de Limpieza	2,687	0.99%
Licencias	28,657	10.54%
Seguros de Vigilancia	16,478	6.06%
<b>Total General Anual</b>	<b>271,964</b>	<b>100%</b>

**Tabla 12** Gastos anuales estimados para la planta de biogás.

Elaboración propia

Los funcionarios representan el mayor porcentaje de gastos anuales estimados en la planta (~42%). Debido a la falta de personal de operación con capacidad de producción se estima un costo elevado en los salarios de los mismos. El consumo de vehículo fue estimado mediante la comparación de precios de combustible local con el del sector brasileño. Los demás gastos fueron estimados partiendo del modelo Concordia-SC.

#### **4.3.24. Planillas financieras.**

#### 4.3.25. Supuesto de generación.

En cuanto al supuesto de producción son estudiados todos los productos generados por la usina, la sumatoria mensual de la generación y el porcentaje de la eficiencia (factor de disponibilidad) como se puede observar en la tabla. En el caso de la implementación dos productos iniciales, la energía eléctrica, la venta de biofertilizante.

	Energía Eléctrica (MWh)	Fertilizante (t)
Producción mensual	~ 38.1	~ 105
Factor de disponibilidad	90%	98%
Generación líquida total – Año	~ 457.2	~ 1.234

**Tabla 13** Supuesto de generación Energía Eléctrica y Fertilizante

Elaboración propia

*En el monto de generación líquida ya está descontado el factor de disponibilidad y el consumo generado por el biodigestor.*

#### 4.3.26. Estimación de facturación por año

Para el estudio se estima un crecimiento del precio de venta del fertilizante de un 5% por año para estimar la suba de precios de los productos. Desde el inicio del precio inicial se estima el precio de venta del fertilizante y la energía eléctrica con un aumento en la producción y en el precio de 5% anual como se observa en la siguiente tabla

	Unidad	Proyecciones									
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Precio de venta Fertilizante	US\$/Ton	32	34	35	37	39	41	43	45	47	50
Precio de venta Energía Eléctrica	US\$ /MWh	73	76	80	84	88	93	97	102	107	113
<b>Ingreso Bruto unidad</b>	<b>US\$</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>115</b>	<b>121</b>	<b>127</b>	<b>133</b>	<b>140</b>	<b>147</b>	<b>155</b>	<b>162</b>

	Unidad	Proyecciones									
		Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20

Precio de venta Fertilizante	US\$/Ton	52	55	57	60	63	67	70	73	77	81
Precio de venta Energía Eléctrica	US\$ /MWh	118	124	130	137	144	151	158	166	175	183
<b>Ingreso Bruto por unidad</b>	<b>US\$</b>	<b>170</b>	<b>179</b>	<b>188</b>	<b>197</b>	<b>207</b>	<b>217</b>	<b>228</b>	<b>240</b>	<b>252</b>	<b>264</b>

**Tabla 14** Estimación de facturación por año

Elaboración propia

#### 4.3.27. Costos operacionales totales

En la proyección de costos, ocurren los mismos procedimientos de cálculos efectuados en la proyección de ingresos, con estimaciones de los gastos de la planta de biogás durante sus veinte años de operación. Los costos fueron estimados desde la planilla de costos de la implementación del proyecto Concordia SC.

Proyecciones costos totales por año - En US\$									
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
251,187	263,747	276,934	290,781	305,320	320,586	336,615	353,446	371,118	389,674
Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
409,158	429,616	451,096	473,651	497,334	522,201	548,311	575,726	604,512	634,738

**Tabla 15** Costos operacionales total

Elaboración propia

#### 4.3.28. Proyecciones de ingresos brutos totales

En la siguiente se presenta, de forma resumida, la planilla en relación al ingreso bruto de las ventas.

	Unidad	Proyecciones									
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por venta de Fertilizante	US	39,488	44,054	47,617	52,855	58,497	64,572	71,108	78,136	85,689	95,717
Ingreso por venta de Energía Eléctrica	US\$	33,361	36,469	40,307	44,439	48,883	54,243	59,405	65,591	72,246	80,112
<b>Ingreso Bruto Total</b>	<b>US\$</b>	<b>72,849</b>	<b>80,522</b>	<b>87,924</b>	<b>97,294</b>	<b>107,380</b>	<b>118,815</b>	<b>130,513</b>	<b>143,727</b>	<b>157,936</b>	<b>175,829</b>

	Unidad	Proyecciones									
		Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingreso por venta de Fertilizante	US\$	104,523	116,081	126,317	139,613	153,924	171,882	188,557	206,470	228,672	252,579
Ingreso por venta de Energía Eléctrica	US\$	87,840	96,922	106,692	118,059	130,295	143,461	157,617	173,877	192,469	211,331

Ingreso Bruto Total	US\$	192,363	213,002	233,009	257,672	284,219	315,342	346,173	380,347	421,142	463,910
---------------------	------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

**Tabla 16** Proyección de ingresos brutos totales

Elaboración propia

#### 4.3.29. Flujo de caja

Para el estudio de Flujo de caja, fueron estimados los ingresos brutos totales, y los costos operativos totales estimados por año. Para este punto, no se llevaron en cuenta los tributos ni los valores de depreciación de la maquina debido a que no se halló ninguna información precisa para el caso estudiado. Para el calculo se realiza suponiendo una financiación que no genera ningún intereses de préstamos.

	Proyecciones en US\$										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Total inversión	3,487,718										
Capital Operativo inicial	150,712										
Ingresos Totales	0	72,849	80,522	87,924	97,294	107,380	118,815	130,513	143,727	157,936	175,829
Total costos operativos (-)	0	251,187	263,747	276,934	290,781	305,320	320,586	336,615	353,446	371,118	389,674
Flujo de caja del periodo		-178,338	-183,225	-189,010	-193,487	-197,940	-201,771	-206,102	-209,719	-213,182	-213,845

	Proyecciones en US\$									
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingresos Totales	192363	213002	233009	257672	284219	315342	346173	380347	421142	463910
Total costos operativos (-)	409,158	429,616	451,096	473,651	497,334	522,201	548,311	575,726	604,512	634,738
Flujo de caja del periodo	-216795	-216614	-218087	-215979	-213115	-206859	-202138	-195379	-183370	-170828

**Tabla 17** Flujo de Caja caso 100 KWh

Elaboración propia

Los resultados negativos se ven debido a los altos costos operativos contra el ingreso bruto estimado dado que los costos de implementación del modelo presentado con un generador 100 KWh no generan la cantidad de biogás necesario para obtener un flujo positivo.

#### 4.4. SUPOSICION DE PRODUCCION CON UNA FUENTE DE 1000KWH

Con el fin de ejemplificar y suponer la viabilidad, la tabla siguiente presenta los posibles ingresos con la posibilidad hipotética un motor generador de 1.000KWh, manteniéndose la misma estructura de costos operativos locales y con la misma cantidad de empleados. Utilizando el valor del supuesto de inversión inicial equivalente a US\$ 4,484,733 y el supuesto de generación del proyecto Concordia con un motor de 1.000 KWh, como se puede observar en la tabla 15, sería posible generar más energía eléctrica y fertilizante lo que afectaría positivamente los resultados de la inversión.

##### 4.4.1. Datos técnicos de Generación usina de 1000 KWh

Datos técnicos de Generación (input 500m <sup>3</sup> /d de desechos porcinos)		
	Energía Eléctrica (MWh)	Fertilizante (t)
Producción mensual	~ 698	~ 770
Factor de disponibilidad	93%	98%
Generación líquida total – Año	~7.790	~ 9.055

**Tabla 18** Datos técnicos. Generación con 500m<sup>3</sup>

Elaboración propia

##### 4.4.2. Calculo Valor Presente Neto y Tasa interno de retorno

Año/Periodo	Inversion	Ingresos	Egresos	Financiamiento	Flujo líquido
0	4,484,733	0	479,498	3,363,550	-1,121,183
1		907,128	799,163	492,289	-384,324
2		998,273	839,121	492,289	-333,137
3		1,095,312	881,077	492,289	-278,055
4		1,210,255	925,131	492,289	-207,165
5		1,333,955	971,387	492,289	-129,722
6		1,477,689	1,019,957	492,289	-34,557
7		1,621,237	1,070,955	492,289	57,993
8		1,787,231	1,124,502	492,289	170,440
9		1,965,772	1,180,727	492,289	292,755

10		2,185,027	1,239,764	492,289	452,974
11		2,392,599	1,301,752	492,289	598,557
12		2,645,594	1,366,840	492,289	786,465
13		2,901,314	1,435,182	492,289	973,843
14		3,209,209	1,506,941	492,289	1,209,979
15		3,540,640	1,582,288	492,289	1,466,063
16		3,916,401	1,661,402	492,289	1,762,710
17		4,300,717	1,744,472	492,289	2,063,955
18		4,732,871	1,831,696	492,289	2,408,886
19		5,239,884	1,923,281	492,289	2,824,314
20		5,764,600	2,019,445	492,289	3,252,866
<b>total</b>	<b>4,484,733</b>	<b>53,225,708</b>	<b>26,904,579</b>	<b>13,209,336</b>	13,111,794

**Tabla 19** Calculo VPN y TIR modelo usina 1000 KWh

Elaboración propia

<b>VAN</b>	1,390,162
<b>TIR</b>	17%

#### **4.5. Ahorro de fertilizante y combustible en el supuesto de utilizar los biodigestores de 100 kWh y 1.000 KWh con sustrato de bosta de cerdo en la cadena productiva del complejo soja .**

Existe la posibilidad de utilizar tractores movidos a combustión biometano (producto obtenido del refinamiento de biogás). Como lo es el caso de tractores Valtra Dual Fuel, que fue creado a fin de reducir los GEI. Se estudia el caso técnico y económico de implementar estos tractores en la producción del complejo soja a fin de estimar posibles ahorros en la cadena de producción.

##### **4.5.1. Ahorro de combustible en la producción de plantación de soja, trigo, maíz.**

Datos técnicos del tractor:

*Datos obtenidos de las especificaciones dadas por la empresa.<sup>41</sup>*

<sup>41</sup> "Tractores Valtra Dual Fuel."

- Capacidad volumen depósito de combustible: 192 litros a una presión de hasta 200 bar. (equivalente a 35 litros de combustible diesel)
- Rendimiento: 4 horas de uso
- Consumo por hora: 48 m<sup>3</sup> biometano por hora

Datos producción de biogás modelo para 100kWh y 1.000 kWh

	Unidad	Datos producción para 100 kWh	Datos producción para 1.000 kWh
Número de matrices	Cabezas de cerdo	3.600	25.000
Producción de desechos	m <sup>3</sup> /d	70	1.000
Producción de Biogás	m <sup>3</sup> /d	1.400	1.0000
Disponibilidad de biometano para uso vehicular	m <sup>3</sup> /mes	25.200	180.000
Disponibilidad de biometano para hr de uso de tractor	horas	525	3.750

**Tabla 20** Datos de producción de biogás para modelo 100 kWh y 1.000 kWh

Elaboración propia

Uso de combustible por ha de producción.

	Soja	Maíz	Trigo
Costo total por ha en US\$	461	427	418
Costo total de uso de tractores en US\$	103	177	167
Representa el 22% del costo total	22%	42%	40%
Total de hora necesaria de tractor por hora	2.5	5.75	5.8

**Tabla 21** Costo del uso de tractores por ha de producción

Elaboración propia, *ver punto 4.3.3.2.*

Ahorro estimado con una producción de un mes de biogás.

	Con producción de 100 kWh			Con producción de 1.000 kWh		
	Soja	Maíz	Trigo	Soja	Maíz	Trigo
Total de uso disponible bioetanol para tractor, en horas, por un mes de producción de biogás	210	91	91	1500	652	647
Estimado de ahorro en US\$ de tractor por un mes de producción de biogás	8,660	2,815	2,599	61,858	20,109	18,562

estimada						
Estimado de ha utilizables con producción de un mes de biogás	84	16	16	600	113	111

**Tabla 22** Ahorro estimado del uso de tractores con una producción de un mes de biogás.

Elaboración propia

Suponiendo que la producción de biogás se realiza de residuos que ya no poseen valor económico, como lo es generalmente el caso de la bosta de cerdo, la producción obtenida se puede reutilizar para la cadena productiva, caso de los tractores, sin generar un costo de obtención en el sustrato principal. Lo óptimo para este modelo sería hacer alianzas con sectores de producción de cerdo para obtener el sustrato y mezclarlo con los residuos de la producción de soja, maíz, trigo, ya que, a gran escala, podría aumentar la cantidad de producción de biogás y mantener constante el suministro de sustratos para el biodigestor.

#### 4.5.2. Ahorro de fertilizante en la producción de plantación de soja, trigo, maíz.

El uso de fertilizantes, dependiendo de la plantación a ser realizada, se aplica en base a los requerimiento técnico de NPK de cada planta necesarios en la tierra.

	Kg	N	P	K
Soja	200	0	30	10
Maíz	200	8	20	10
Trigo	200	8	20	10

**Tabla 23** Requerimiento fertilizante NPK base 200 kg por hectárea

Elaboración propia

	N	P	K
Soja	0	6	2
Maíz	1.6	4	2
Trigo	1.6	4	2

**Tabla 24** Requerimiento de fertilizante NPK toneladas por hectárea

Elaboración propia

	Modelo 100 kWh			Modelo 1.000 kWh		
	k (%)	NT (%)	P2O5 (%)	k (%)	NT (%)	P2O5 (%)
Compuesto NPK biol de cerdo	0.04	0.41	0.05	0.04	0.41	0.05

Producción mensual en t	4	43	5	30.2	309.55	37.75
-------------------------	---	----	---	------	--------	-------

**Tabla 25** Producción de NPK en toneladas modelo 100 y 1.000 kWh

Elaboración propia

Hectáreas posible de fertilizante

	Modelo 100 kWh			Modelo 1.000 kWh		
	N	P	K	N	P	K
Soja	0	32	11	0	227	60
Maíz	69	21	8	495	151	60
Trigo	69	21	8	495	151	60

**Tabla 26** Hectáreas posibles de fertilizante por producto

Elaboración propia

## 5. Conclusiones

El aprovechamiento energético del biogás generado a partir de desechos, residuos y efluentes aún no está siendo ampliamente fomentado en Paraguay. Por lo tanto, este tipo de tecnología en el país no cuenta con la mano de obra especializada, tecnologías y equipamientos nacionales. Fomentar la tecnología y posibilitar la capacitación de mano de obra es fundamental para que la funcionalidad del modelo y la propuesta estudiada sea factible.

En el estudio de los modelos tanto brasileros como alemán resaltó fundamental la asociación con institutos de investigación y de capacitación para el fin de obtener mejores resultados tanto técnicos como económicos. Todavía cabe señalar que el apoyo del Gobierno es un elemento influyente para el éxito del modelo, aunque buscar inversores por parte de industrias de carnes y de sectores agropecuarios como probables socios de la producción es una opción viable.

Los aspectos financieros de la planta pueden ser muy complejos, lo que justifica la elaboración de planilla financiera bien estructurada con especialistas en la producción de biogás para un resultado más específico, y, para mayor veracidad, debería de contar con datos técnicos de los sustratos locales ya que estos podrían variar.

La adaptabilidad de los sustratos y el hecho de que se puedan mezclar más de un tipo de residuos biodegradables aumenta la posibilidad de generar beneficios entre los sectores. El complejo soja puede aumentar sus beneficios por medio de aplicaciones del modelo de producción estudiada, por medio de la producción conjunta con otros sectores. El biogás se establece como una oportunidad para una energía renovable posible gracias a las distintas opciones para comercializar o mitigar costos de producción.

## BIBLIOGRAFIA

- "0 Biogas - A Energia Invisíbel - Cícero Bley Jr. 2014.pdf," n.d.
- "1 Proyecto Biogás Producción Sostenible a Gran Escala de Abono Orgánico Y Biogás Con Residuos Orgánicos Del Sistema de Aseo Urbano.pdf," n.d.
- "2 Generación Y Utilización Del BIOGAS: Experiencias En Alemania Y El Potencial En Paraguay - Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut Für Umwelttechnik Und Energiewirtschaft 09.12 .pdf," n.d.
- "3 Manual de Biogas - Gobierno de Chile.pdf," n.d.
- "3. SSME Biomasa En Paraguay, Generalidades.pdf." Accessed November 13, 2017.  
<http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/3.%20SSME%20Biomasa%20en%20Paraguay,%20generalidades.pdf>.
- "4  
GUIA\_PARA\_LA\_IMPLEMENTACION\_DE\_SISTEMAS\_DE\_PRODUCCION\_DE\_BIOGA S.pdf," n.d.
- "6 Tecnologías de Digestión Anaerobia Con Relevancia Para El Brasil. Substratos, Digestores Y Uso de Biogás.pdf," n.d.
- "37. Produccion Y Consumo Biomasa (1).pdf." Accessed November 13, 2017.  
[http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf).
- "2016\_03\_Frank\_Hofmann.pdf." Accessed November 9, 2017.  
[http://ahk.pl/fileadmin/ahk\\_polen/Erneuerbare\\_Energien/2016\\_03\\_Frank\\_Hofmann.pdf](http://ahk.pl/fileadmin/ahk_polen/Erneuerbare_Energien/2016_03_Frank_Hofmann.pdf).
- "A Manual For Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United StatesA Manual For Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United Statespdf." Accessed October 5, 2017.  
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/agstar-handbook.pdf>.
- "Anexo Estadístico Del Informe Económico - BCP - Banco Central Del Paraguay." Accessed December 5, 2017. <https://www.bcp.gov.py/anexo-estadistico-del-informe-economico-i365>.
- "Área de Siembra, Producción Y Rendimiento – Capeco." Accessed December 5, 2017.  
<http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>.
- "ArticuloViabilidad.pdf." Accessed November 13, 2017.  
[http://www.uprm.edu/cde/public\\_main/Informes\\_Articulos/articulos/ArticuloViabilidad.pdf](http://www.uprm.edu/cde/public_main/Informes_Articulos/articulos/ArticuloViabilidad.pdf).
- ASALE, RAE-. "Diccionario de La Lengua Española - Edición Del Tricentenario." Diccionario de la lengua española. Accessed October 5, 2017.  
<http://dle.rae.es/?id=W9sEaKE>.
- "Asociación Alemana de Biogás - El Uso de Biogas En Alemania.pdf," n.d.
- "BNEU Consolidado 11-02-14.pdf." Accessed November 6, 2017.  
<http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/BNEU/BNEU%20Consolidado%2011-02-14.pdf>.
- "Composición de Los Estiercoles.pdf." Accessed November 28, 2017.  
<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6633/7/053.7.pdf>.
- "Condominio Ajuricaba | CIBiogás." Accessed December 1, 2017.  
[https://cibiogas.org/condominio\\_ajuricaba](https://cibiogas.org/condominio_ajuricaba).
- "Core-Sesion-4-Introduccion-a-Analisis-Costo-Beneficio-Y-Costo-Efectividad-F-Mejia.pdf." Accessed October 17, 2017.

- <http://pubdocs.worldbank.org/en/412081463422874348/Core-Sesion-4-Introduccion-a-Analisis-Costo-beneficio-y-Costo-efectividad-F-Mejia.pdf>.
- “COSTO DE PRODUCCION FINAL ANHO 2012 Crip.pdf.” Accessed December 7, 2017.  
<http://www.mag.gov.py/dgp/COSTO%20DE%20PRODUCCION%20FINAL%20ANHO%202012%20crip.pdf>.
- “Definición de Viabilidad — Definicion.de.” Definición.de. Accessed October 16, 2017.  
<https://definicion.de/viabilidad/>.
- “EBA Biomethane & Biogas Report 2015 Published! - European Biogas AssociationEuropean Biogas Association.” Accessed November 29, 2017.  
<http://european-biogas.eu/2015/12/16/biogasreport2015/>.
- “EBA Launches 6th Edition of the Statistical Report of the European Biogas Association - European Biogas AssociationEuropean Biogas Association.” Accessed November 9, 2017. <http://european-biogas.eu/2016/12/21/eba-launches-6th-edition-of-the-statistical-report-of-the-european-biogas-association/>.
- “Energia - Comercialización.” Accessed November 13, 2017.  
[http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1218&Itemid=605](http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1218&Itemid=605).
- “Granja Haacke | CIBiogás.” Accessed December 1, 2017.  
[https://cibiogas.org/granja\\_haacke](https://cibiogas.org/granja_haacke).
- “Granja São Pedro Colombari | CIBiogás.” Accessed December 1, 2017.  
<https://cibiogas.org/colombari>.
- “GUIA\_PARA\_LA\_IMPLEMENTACION\_DE\_SISTEMAS\_DE\_PRODUCCION\_DE\_BIO.pdf.” Accessed October 5, 2017.  
[http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias\\_alternativas/normalizacion/GUIA\\_PARA\\_LA\\_IMPLEMENTACION\\_DE\\_SISTEMAS\\_DE\\_PRODUCCION\\_DE\\_BIO.pdf](http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/normalizacion/GUIA_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_SISTEMAS_DE_PRODUCCION_DE_BIO.pdf).
- “Haacke Farm, Santa Helena/Paraná | CIBiogás.” Accessed December 1, 2017.  
<https://cibiogas.org/node/400>.
- “Leitfaden\_Biogas\_web\_V01.pdf,” n.d.
- “Leitfaden\_Biogas\_web\_V01.pdf.” Accessed December 6, 2017. [https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/bilder/Bio%C3%B6konomie\\_\\_Nachwachsende\\_Rohstoffe/Leitfaden\\_Biogas\\_web\\_V01.pdf](https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/bilder/Bio%C3%B6konomie__Nachwachsende_Rohstoffe/Leitfaden_Biogas_web_V01.pdf).
- “Los Residuos Orgánicos de Origen Agrícola.” Accessed October 5, 2017.  
<http://www.orene.org/compostaje/1.Introduccion%20entera.htm>.
- “Matriz Energética En Paraguay.” Accessed November 13, 2017.  
[http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1628&Itemid=765](http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1628&Itemid=765).
- “PLIEGO21.pdf.” Accessed November 21, 2017.  
<http://www.ande.gov.py/docs/tarifas/PLIEGO21.pdf>.
- “PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO.pdf.” Accessed November 30, 2017.  
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.
- “Ranking Mundial – Capeco.” Accessed November 20, 2017.  
<http://capeco.org.py/ranking-mundial-es/>.
- “Technische Und -Wirtschaftliche Betrachtung Der Gasaufbereitung Und -nutzung, Anhand Drei Unterschiedlicher Biogaskonzepte, in Paraguay.pdf,” n.d.
- “Tractores Valtra Dual Fuel.” Accessed December 7, 2017.  
[http://www.valtra.es/Tractores-Valtra-Dual-Fuel\\_2104.aspx](http://www.valtra.es/Tractores-Valtra-Dual-Fuel_2104.aspx).



## ANEXOS

### Anexo 1 Digestor cilíndrico.



### Anexo 1 Digestor cilíndrico

Fuente: Acervo BGT 2014, publicado en el anteproyecto Concordia-SC.

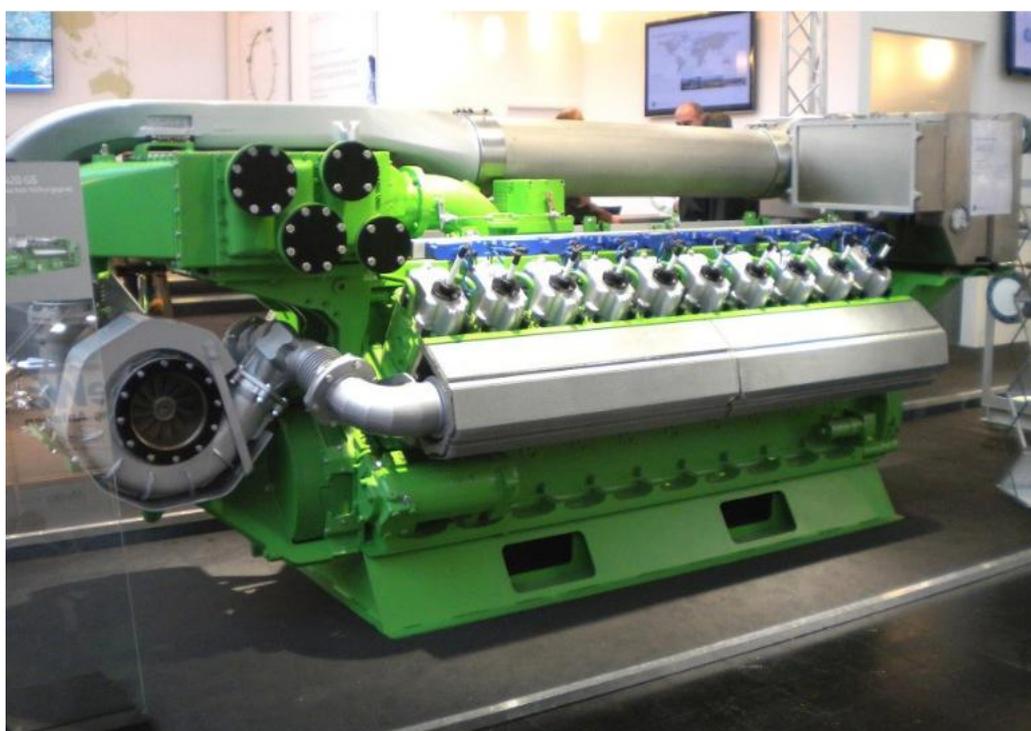
### Características del digestor

Carga Orgánica	< 3.0 kg/m <sup>3</sup> x d
Tiempo de retención	
Hidráulica	> 20d y < 35d
Materia seca en el digestor	< 10%
Producción de biogás	
específico	< 3.0 Nm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> x d
alimentación	semi continua
temperatura	Mesofílica (30°C - 40°C)
NH (amoníaco)	< 4.500 mg/l
pH	6.8 -8.0

## **Anexo 2** Cuadro de sueldos estimados.

<b>Descripción</b>	<b>Nivel escolar superior</b>		<b>Subtotal</b>	<b>Nivel Técnico</b>		<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
	<b>Número de personales</b>	<b>Sueldo estimado</b>		<b>Número de personales</b>	<b>Sueldo estimado</b>		
Operación	3	717	2,151	4	376	1,505	3,656
Manutención	1	806	806	2	376	753	1,559
Biología	1	1,075	1,075				1,075
Dirección y Administración	1	2,688	2,688	1	538	538	3,226
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>5,287</b>	<b>6,720</b>	<b>7</b>	<b>1,290</b>	<b>2,796</b>	<b>9,516</b>

## **Anexo 3** Motor generador.



### **Anexo 3** Motor Generador Ciclo Otto

Fuente: Acervo BGT 2014, publicado en el anteproyecto Concordia-SC.

### Características.

## Anexo 2 Costos operacionales modelo 1.000 KWh.

	Proyecciones - En US\$										%
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
Funcionarios	114,194	119,903	125,898	132,193	138,803	145,743	153,030	160,682	168,716	177,152	45%
Administración y Contabilidad	10,746	11,284	11,848	12,440	13,062	13,715	14,401	15,121	15,877	16,671	4%
Consumo Combustible – Vehículos	2,200	2,310	2,425	2,547	2,674	2,808	2,948	3,095	3,250	3,413	1%
Mantenimiento Motor Generador	9,027	9,478	9,952	10,450	10,972	11,521	12,097	12,702	13,337	14,004	4%
Mantenimiento General de la Usina	20,537	21,564	22,642	23,775	24,963	26,211	27,522	28,898	30,343	31,860	8%
Mantenimiento y Seguros – Vehículos	2,149	2,257	2,370	2,488	2,612	2,743	2,880	3,024	3,175	3,334	1%
Control y Monitoreo	23,881	25,075	26,328	27,645	29,027	30,478	32,002	33,602	35,283	37,047	10%
Análisis de Laboratorio	8,597	9,027	9,478	9,952	10,450	10,972	11,521	12,097	12,702	13,337	3%
Tratamiento de Efluentes y Material Digerido	12,036	12,638	13,269	13,933	14,630	15,361	16,129	16,936	17,782	18,672	5%
Gastos Materiales de Limpieza	2,687	2,821	2,962	3,110	3,266	3,429	3,600	3,780	3,969	4,168	1%
Licencias	28,657	30,090	31,594	33,174	34,832	36,574	38,403	40,323	42,339	44,456	11%
Seguros de Vigilancia	16,478	17,301	18,167	19,075	20,029	21,030	22,082	23,186	24,345	25,562	7%
<b>Total</b>	<b>251,187</b>	<b>263,747</b>	<b>276,934</b>	<b>290,781</b>	<b>305,320</b>	<b>320,586</b>	<b>336,615</b>	<b>353,446</b>	<b>371,118</b>	<b>389,674</b>	

	Proyecciones - En US\$									
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Funcionarios	186,009	195,310	205,075	215,329	226,095	237,400	249,270	261,734	274,820	288,561
Administración y Contabilidad	17,505	18,380	19,299	20,264	21,277	22,341	23,458	24,631	25,862	27,155
Consumo Combustible – Vehículos	3,583	3,762	3,951	4,148	4,356	4,573	4,802	5,042	5,294	5,559
Mantenimiento Motor Generador	14,704	15,439	16,211	17,022	17,873	18,766	19,705	20,690	21,724	22,810
Mantenimiento General de la Usina	33,453	35,126	36,882	38,726	40,662	42,696	44,830	47,072	49,425	51,897
Mantenimiento y Seguros – Vehículos	3,501	3,676	3,860	4,053	4,255	4,468	4,692	4,926	5,172	5,431
Control y Monitoreo	38,899	40,844	42,886	45,030	47,282	49,646	52,128	54,735	57,472	60,345
Análisis de Laboratorio	14,004	14,704	15,439	16,211	17,022	17,873	18,766	19,705	20,690	21,724
Tratamiento de Efluentes y Material Digerido	19,605	20,585	21,615	22,695	23,830	25,022	26,273	27,586	28,966	30,414
Gastos Materiales de Limpieza	4,376	4,595	4,825	5,066	5,319	5,585	5,864	6,158	6,466	6,789
Licencias	46,679	49,013	51,463	54,037	56,738	59,575	62,554	65,682	68,966	72,414
Seguros de Vigilancia	26,840	28,182	29,591	31,071	32,625	34,256	35,969	37,767	39,655	41,638
<b>Total</b>	<b>409,158</b>	<b>429,616</b>	<b>451,096</b>	<b>473,651</b>	<b>497,334</b>	<b>522,201</b>	<b>548,311</b>	<b>575,726</b>	<b>604,512</b>	<b>634,738</b>

### **Anexo 3** Flujo de Caja venta de electricidad y fertilizante 1.000 KWh.

Guardado en word 2

#### **Flujo de caja**

INVERSION TOTAL INICIAL	<b>4,484,733</b>	
VALOR DEL FINANCIAMIENTO	<b>3,363,550</b>	75%
FUENTE 1	50%	<b>1,681,775</b>
FUENTE 2	50%	<b>1,681,775</b>
EQUITY	25%	<b>1,121,183</b>

#### **Tasa de intereses**

FUENTE 1	11.00%	al año
FUENTE 2	15.83%	al año
Remuneración Agente	3.00%	al año

Nro de cuotas
20
20

<b>Cash Flow 2</b>	Proyección					
Año/Periodo	0	1	2	3	4	5
Inversion inicial	4,484,733					
Ingresos Totales		907,128	998,273	1,095,312	1,210,255	1,335,199
Egresos						
Operativos		799,163	839,121	881,077	925,131	970,185
Préstamo fuente 1		211,190	211,190	211,190	211,190	211,190
Préstamo fuente 2		281,099	281,099	281,099	281,099	281,099
Total préstamo		492,289	492,289	492,289	492,289	492,289
Flujo bruto antes remuneración a Agente		-384,324	-333,137	-278,055	-207,165	-136,275
Ingreso Agente		-11,530	-9,994	-8,342	-6,215	-4,679
<b>Flujo del ejercicio</b>	<b>-4,484,733</b>	<b>-372,794</b>	<b>-323,143</b>	<b>-269,713</b>	<b>-200,950</b>	<b>-140,954</b>

### **Anexo 3** Flujo de Caja venta de electricidad y fertilizante 1.000 KWh.

Guardado en word 2

Cash Flow 2	Proyecciones					
Año/Periodo	11	12	13	14	15	
Ingresos						
	2,392,59	2,645,59	2,901,31	3,209,20	3,540,64	
Ingresos Totales	9	4	4	9	0	3,9
Egresos						
	1,301,75	1,366,84	1,435,18	1,506,94	1,582,28	
Opertivos	2	0	2	1	8	1,6
Prestamo fuente 1	211,190	211,190	211,190	211,190	211,190	2
Prestamo fuente 2	281,099	281,099	281,099	281,099	281,099	2
Total Prestamos	492,289	492,289	492,289	492,289	492,289	4
Flujo bruto antes remuneración a Agente		1,067,56	1,254,94	1,491,07	1,747,16	
	879,657	4	2	8	3	2,0
Ingreso Agente	26,390	32,027	37,648	44,732	52,415	
<b>Flujo del ejercicio</b>	<b>853,267</b>	<b>1,035,53</b>	<b>1,217,29</b>	<b>1,446,34</b>	<b>1,694,74</b>	<b>1,9</b>
		<b>7</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	