

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE SISTEMA DE BIODIGESTIÓN PARA COMEDOR
“DOMINGO SAVIO” DE LA ASOCIACIÓN PADRE FABRETTO**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

Autores:

Br. Katty Isabel Palacios Roque	2005-20373
Br. Jennyfer María Vásquez Huerta	2005-20584
Br. Juan Bautista Martínez Gutiérrez	2005-20800

Tutor:

Ing. Marbel Gutiérrez Martínez

Managua, Abril de 2010

*La imaginación es más importante
que el conocimiento.
Albert Einstein*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios que nos brindo la fuerza y sabiduría para emprender este proyecto y llegar a culminarlo con éxito.

A nuestros padres por apoyarnos en cada paso del camino, brindándonos su apoyo y comprensión durante las etapas difíciles. Por motivarnos a seguir luchando y no dejarnos vencer por las dificultades.

A nuestros familiares por estar a nuestra disposición cuando requeríamos de su apoyo incondicional. Por darnos una mano amiga cuando nos creíamos vencidos.

A todos los que nos dieron una ayuda en todo el proceso de investigación y desarrollo de este proyecto. A aquellos que con sus conocimientos nos ayudaron a continuar y salir de los dilemas.

Un especial agradecimiento al Ingeniero Edgar Somarriba por guiarnos en cada etapa y compartir con nosotros sus conocimientos y habilidades en la fase de construcción del prototipo del proyecto.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS	4
4.1 Objetivo General	4
4.2 Objetivos Específicos	4
5. MARCO TEÓRICO	5
6. HIPÓTESIS	10
7. DISEÑO METODOLÓGICO	11
7.1 Tipo de Investigación/Universo/Muestra	11
7.2 Métodos generales y particulares a emplear	11
7.3 Actividades/Tareas por Objetivos Específicos	11
7.4 Cuadro de Certitud Metódica	13
8. ANÁLISIS DE DEMANDA Y OFERTA	14
8.1 INTRODUCCIÓN	15
8.2 DESCRIPCIÓN DEL BIEN	16
8.2.1 Características	16
8.2.2 Importancia del producto	17
8.2.3 Consumidores y beneficiarios finales	17
8.3 ANÁLISIS DE DEMANDA	18
8.3.1 Consumo de GLP	18
8.3.2 Cálculo de tasa de crecimiento poblacional de la Institución	18
8.3.3 Proyección de demanda de GLP	19
8.4 ANÁLISIS DE OFERTA	21
8.4.1 Identificación de Materia Prima	21
8.4.2 Proyección de Oferta de Materia Prima	26
8.4.2.1 Proyección de la oferta	27
9. ESTUDIO TÉCNICO	28
9.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	29
9.1.2 Datos Generales del Municipio de Managua	29
9.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN	30
9.2.1 Descripción del Sistema de biodigestión	30
9.2.1.1 Partes del Sistema de Biodigestión	30
9.2.1.2 Descripción del proceso	31

9.2.2 Aspectos a considerar en la construcción del biodigestor	34
9.2.4 Descripción del Proceso de Biodigestión	36
9.2.4.1 Condiciones óptimas para el proceso de biodigestión	37
9.2.5 Análisis de Materia Orgánica	40
9.2.3 Descripción del sistema experimental –prototipo del proyecto-	42
9.2.3.1 Resultados del proceso experimental.....	43
9.3 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL BIODIGESTOR	45
9.3.1 Cantidad de Materia Prima	45
9.3.2 Tiempo de retención.....	47
9.3.3 Cálculos de volumen	49
9.4 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	50
9.4.1 Volumen producción de biogás.....	50
9.4.2 Comparación del poder calorífico GLP vs biogás	51
9.4.3 Solventación de biogás	52
9.4.4 Producción de bioabono	53
9.5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN	57
9.5.1 Diseño del sistema de biodigestión	57
9.5.2 Materiales de construcción	59
9.5.3 Construcción del sistema de biodigestión	60
9.5.3.1 Etapas de construcción	60
9.6 MANUAL DE USUARIO	66
9.6.1 Operación del sistema.....	66
9.6.1.1 Cómo alimentar el sistema de biodigestión?:.....	66
9.6.1.2 Consideraciones para la alimentación del sistema	67
9.6.2 Uso del biogás	68
9.6.3 Mantenimiento	68
9.7 ASPECTOS MEDIO AMBIENTAL.....	69
10. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	71
10.1 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	72
10.1.1 Determinación de Costos	72
10.1.1.1 Costos de inversión	72
10.1.1.2 Costos de Producción	75
10.1.1.3 Depreciación	77
10.1.2 Determinación de Ahorros	78
10.1.2.1 BIOGÁS	78

10.1.3 Estado de Resultados	80
10.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	83
10.2.1 Identificación de las variables que generan incertidumbre	83
11. CONCLUSIONES	85
12. RECOMENDACIONES.....	86
13. BIBLIOGRAFÍA	87
14. ANEXOS	88
Anexo 1: Entrevista a personal de la cocina.....	1
Anexo 2: Valoración del sitio de construcción	2
Anexo 3: Tipo de Biodigestores	5
Anexo 4: Memorias de Construcción prototipo del proyecto.....	7
Anexo 5: Producción de Metano de Desechos Animales	9
Anexo 6: Cálculos	10
Anexo 7. DISEÑO DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN.....	12
Anexo 8: Materiales de Construcción	16
Anexo 9: Reglamento de permiso ambiental	17
Anexo 10: Ley de Equidad Fiscal.....	19
Anexo 11: Proformas	22
Anexo 12: Cuadro Proyección de Inflación y cálculos de costos	25
Anexo 13: Proyección de precios del GLP	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo de GLP	18
Tabla 2: Cálculo de tasa de crecimiento poblacional.....	19
Tabla 3: Proyección de demanda de GLP	20
Tabla 4: Cuadro Comparativo - Fuentes de desecho “Asociación Padre Fabretto”	21
Tabla 5: Menú semanal – Comedor Domingo Savio	22
Tabla 6: Hoja de recolección de muestras de materia orgánica	24
Tabla 7: Comparación de oferta de materia prima de menús	26
Tabla 8: Tabla de Proyecciones de Oferta de Materia Prima.....	27
Tabla 9: Tabla de resultado-prototipo de biodigestor	44
Tabla 10: Zonas de temperatura y tiempo de retención	37
Tabla 11: Tipo de materia orgánica y valor energético.....	40
Tabla 12: Cantidad de Materia Prima estimadas para abastecer el biodigestor	46
Tabla 13: Cantidad de Materia Prima Diaria	46
Tabla 14: Temperatura vs tiempo de retención	47
Tabla 15: Producción de biogás	51
Tabla 16: Características de los gases combustibles.....	51
Tabla 17: Solventación de GLP	53
Tabla 18: Cantidad de producción de Bioabono	54
Tabla 19: Materiales de construcción.....	59
Tabla 20: Costos de Materiales para Obras Físicas	73
Tabla 21: Costos de Materiales para Caseta.....	74
Tabla 22: Otros costos	75
Tabla 23: Costos totales de inversión.	75
Tabla 24: Costos Asociados a la Materia Prima	76
Tabla 25: Costos por manipulación de Materia.....	76
Tabla 26: Precio promedios de GLP a granel	78
Tabla 27: Proyecciones de Precios	79
Tabla 28: Ahorros Anuales por Consumo de Biogás	79

Tabla 29: Estado de resultado del Proyecto	80
Tabla 30: Determinación de la TIR	81
Tabla 31: Plazo de Recuperación.....	81
Tabla 32: Rango de fluctuaciones - Variables que afectan el VPN	84

ÍNDICE DE TABLAS EN ANEXOS

Tabla 1: Evaluación del sitio óptimo para construcción del sistema	3
Tabla 2: Tipo de biodigestores según el régimen de alimentación	5
Tabla 3: Producción de metano según el tipo de sustrato	9
Tabla 4: Datos históricos de Inflación.....	26
Tabla 5: Resultados de Proyección de Inflación	27
Tabla 6: Costos de AGUA y Materiales.....	27
Tabla 7: Cuadro resumen de la proyección de precios de GLP.....	29

RESUMEN

El estudio se orientó a analizar la prefactibilidad de construir un sistema de biodigestión en el comedor Domingo Savio de la Asociación Fabretto. La finalidad del proyecto es la obtención de gas metano a partir de materia orgánica (Biogás); esta producción servirá para abastecer de biogás a la cocina del comedor de la asociación.

El estudio reveló que es posible solventar parcialmente el consumo de gas licuado y a su vez eliminar la materia orgánica producida en la cocina; convirtiendo estos desechos en la principal materia prima que alimente al biodigestor.

Se presenta un análisis del consumo del gas butano y el costo de compra de este producto; igualmente, se determinó la disponibilidad de materia prima la cual fue la base para calcular el nivel de producción de biogás anual a partir de la misma. Estos datos se utilizaron posteriormente para calcular el porcentaje de solventación de biogás sobre el consumo de gas butano (GLP), el cual fue de 121 litros de GLP al año en el primer año de proyección.

Además del biogás, del biodigestor resultan lodos que son ricos en nutrientes y pueden ser utilizados como abono orgánico; este abono se utilizará en la finca que posee la Asociación Padre Fabretto donde se encuentra una variedad de árboles frutales y hortalizas, aprovechando así toda la materia producida por el biodigestor.

Es un estudio de carácter social y cultural, ya que pretende concientizar a la comunidad estudiantil de Padre Fabretto de la importancia de proteger el medio ambiente y sus recursos.

1. INTRODUCCIÓN

El mayor de los problemas que aqueja a la población nicaragüense, es la débil economía, la cual es afectada de forma más evidente con el alza en el precio internacional del petróleo. Las constantes variaciones de los precios del petróleo han provocado alteraciones en el poder adquisitivo de los pobladores impactando de forma directa las economías domesticas. En particular, referente a estas variaciones, se puede hacer mención al uso de gas licuado.

Muchos hogares se ven en la necesidad de cambiar un tanque de gas por: leña o carbón; cuando el precio de este producto experimenta alzas que en ocasiones no es posible cubrir. Sin embargo el uso de estos productos sustitutos es causante de un problema mayor, la contaminación ambiental. Quizás no los veamos reflejados en nuestra economía pero si en el medio que nos rodea. En nuestro país existe un problema de contaminación que ha repercutido directamente en el medio ambiente: la basura. Esta origina la formación de focos infecciosos y criaderos de plagas, que se traducen luego en epidemias.

La Fundación Padre Fabretto, ubicada en la ciudad de Managua, en la comarca San Isidro de Bolas; posee un comedor que da alimento a casi doscientos jóvenes; y el consumo de gas licuado es uno de los costos principales en que incurren para preparar los alimentos a los estudiantes. Para ellos, el cocinar con leña o carbón no es una solución al ahorro, ya que su centro tiene como política la protección al medio ambiente. Sin embargo, tienen el problema de acumulación de basura (en particular de desechos orgánicos) que sale de la cocina. Esta acumulación es una verdadera molestia, pues en el centro no existe espacio suficiente para el acopio de tantos desechos. Debido a las razones explicadas anteriormente, este proyecto está enfocado a evaluar una alternativa de cambio, a través de un *Estudio de prefactibilidad para la construcción de un sistema de biodigestión, para producir biogás y abastecer la cocina del comedor, en la Asociación Padre Fabretto.*

2. ANTECEDENTES

Actualmente en Nicaragua, la conducta alcista del precio del petróleo ha afectado los bolsillos de todos los pobladores, dado que ha sido una reacción en cadena en donde se siente un aumento del precio tanto de la canasta básica como de los servicios básicos, principalmente el de gas propano.

Para mitigar este problema, el cual afecta de mayor manera a las familias pobres del país, se ha desarrollado proyectos sostenibles con el fin de aminorar la dependencia del petróleo, bajar los costes de vivienda, y proteger los recursos naturales. Ejemplo de estos son los proyectos de abastecimiento de energía eléctrica a partir de paneles solares y en menor medida, la instalación de biodigestores familiares en áreas rurales. Esto con el fin de cambiar los hábitos de cocina con leña, práctica que afecta directamente al medio ambiente y la salud de las personas que la practican.

Los proyectos de biodigestores en su mayoría se han quedado en las zonas rurales, olvidando de cierta forma que la ciudad es la gran consumidora de gas licuado, y es a la que las constantes variaciones del precio de este producto afecta de forma más evidente.

En estos biodigestores se produce biogás o gas metano, que resulta más económico que el propano utilizado en las ciudades, aprovechando todo tipo de desechos orgánicos. Desechos que en los últimos años se han convertido en un problema severo de basura y conforme pasa el tiempo la situación empeora.

En la Asociación Padre Fabretto, las condiciones de consumo de gas licuado no es diferente a la de todos los capitalinos, sin embargo el problema toma un rumbo diferente ya que su consumo es superior al de la mayoría de los hogares. La asociación ha gestionado apoyo técnico que les ayude en la construcción de un biodigestor en base a desechos orgánicos, ya que en la cocina se producen una gran cantidad de los mismos y con el tiempo se ha transformado en un problema de acumulación de basura.

3. JUSTIFICACIÓN

La construcción de un biodigestor para abastecer la cocina del comedor de la asociación Padre Fabretto, es una opción para solventar los gastos incurridos en la compra de gas butano.

El proyecto está encaminado a la obtención de metano a partir de materia orgánica (Biogás), aprovechando en gran medida fuentes de depósito orgánico proveniente de la cocina del centro u otros sectores que puedan proporcionar materia prima para abastecer el sistema de biodigestión, de esta manera dar un uso más apropiado a los desechos orgánicos.

A través de la reducción de materias orgánicas en el ambiente, se contribuye al equilibrio del ecosistema, aun más; sirve para disminuir la propagación de contaminantes, proporcionar mayor fertilidad a los suelos y reducir la proliferación de infecciones.

Además de la producción de biogás, de la digestión anaerobia resultan, lodos conocidos como bioabono o biol que contienen una carga orgánica menor a la de los residuos de partida y que son químicamente más estables. Estos lodos son ricos en nutrientes, por lo que en la asociación pueden ser utilizados como abono orgánico.

Dado que uno de los objetivos principales de la asociación Padre Fabretto es contribuir a la protección del medio ambiente, están en la búsqueda constante de proyectos que beneficien a la protección del ambiente y la posibilidad de construir un sistema de biodigestión les parece una opción apropiada.

Por tal razón a petición de la asociación, se decidió realizar este estudio, el cual tiene como finalidad analizar la prefactibilidad de la construcción de un sistema de biodigestión para solventar el consumo de gas licuado en la cocina.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Realizar un estudio de prefactibilidad para la construcción de un sistema de biodigestión en el comedor "Domingo Savio" de la Asociación Padre Fabretto.

4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar la disposición de material orgánico para la producción de BIOGÁS.
2. Evaluar la composición de los desechos orgánicos disponibles en el centro.
3. Diagnosticar la prefactibilidad técnica de construir un biodigestor en el comedor de la Asociación.
4. Analizar la prefactibilidad financiera para la construcción de un sistema de biodigestión.

5. MARCO TEÓRICO

¿BIOGÁS?

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, (bacterias metano génicas, etc.), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúa este tipo de bacterias, generando biogás.¹

Utilización:

- a) El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, o iluminación.
- b) El biogás puede quemarse directamente en un calentador de agua. El quemador puede de ser del mismo tipo que para gas de ciudad, o sea, con una presión de trabajo de 100 a 150 mm presión.
- c) El biogás puede alimentar un motor que accione un generador, la energía eléctrica es más fácil de transportar. Los motores fijos modificados para funcionar con metano se pueden adquirir fácilmente en el mercado, y se recupera el calor residual del agua de refrigeración y de los gases de escape, que puede ser más que suficiente para mantener la temperatura del digestor. También se utiliza el calor del motor para alimentar instalaciones agroindustriales que requieren de energía de calor.

Ventajas del aprovechamiento del Biogás

- Reducción de la producción de gas metano que se esparce en el medio ambiente,
- Se evita en un 100% la contaminación de suelos y agua. Los excrementos de animales constituyen uno de los elementos más contaminantes de nuestro medio ambiente.
- Se evita la tala de árboles para ser utilizados como leña; los biodigestores son una de las grandes alternativas para evitar la tala desmedida de árboles para leña.

¹ Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation.

- Evita la proliferación de insectos. En las actividades pecuarias abundan los insectos, especialmente moscas y zancudos.

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que además de la producción de combustible generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico

Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar este en biogás y fertilizante. El fertilizante, llamado biól, actualmente se está considerando de la misma importancia, o mayor, que el biogás ya que provee a las familias campesinas de un fertilizante natural que mejora fuertemente el rendimiento de las cosechas.²

Cuando un biodigestor se instala se realiza su primer llenado con gran cantidad de material orgánico y agua, hasta que el lodo interior tape las bocas de las tuberías de entrada y salida para asegurar una atmósfera anaeróbica, la cual facilitará la llamada "digestión anaeróbica" realizada por el digestor.

Digestión Anaeróbica

Características del proceso

En los procesos anaerobios los productos metabólicos de una especie de microorganismos pueden servir de materia prima para otra especie, estableciéndose una secuencia de reacciones.

El gas producto (biogás) es una combinación de metano CH_4 (50-70%), CO_2 y trazas de H_2S y otros gases. En dependencia de la temperatura: las bacterias que producen el metano operan más eficientemente entre 30 y 40°C o entre 50 y 60°C. Necesidad de calentamiento en climas fríos.

El tiempo del proceso de digestión varía entre algunas semanas y varios meses, que permita al menos digerir un 80 % de la materia orgánica, dependiendo de la materia de

² Ing. Mocada Romero Gabriel, *Diseño De Biodigestores Y Digestión Anaeróbica*, Ecuador marzo 2005.

base y de la temperatura de la digestión. No se debe de alimentar con materiales tóxicos

Otras variables: acidez pH 6.5 - 7.6, cociente carbón/nitrógeno 15-30, tasa de renovación, etc.

Para la alimentación de biodigestores se tiene en primer lugar el uso de estiércol de animales.

En base a los resultados que se han obtenido en los biodigestores instalados y que se encuentran en operación se recomienda el uso de estiércol de: Cerdos, ganado vacuno caballos, ovejas, aves, conejos y heces Humano así como los desechos de los hogares.

Componentes de los biodigestores

- Pila de carga: Se homogeniza el material a alimentar el digestor. Se recomienda que esté a mayor altura que el digestor para que por gravedad el sustrato llegue al digestor.
- Digestor: Es un estanque cerrado, de forma alargada o cilíndrica conectado con la pila de carga mediante un tubo, con la pila de descarga mediante otro tubo y salida para el gas.
- Pila de carga: En esta pila se recibe la mezcla digerida que sale del digestor.
- Tanque de almacenamiento de gas: Puede utilizarse la cubierta del digestor como tanque de almacenamiento. Puede usar tanques adicionales de metal, plástico o bolsas plásticas diseñadas especialmente.

Producción de biogás en el mundo

Diversos países en el mundo se han dado a la tarea de producir biogás, utilizando para ello una variedad de material orgánica como principal materia prima sin embargo, no han llegado al punto de comercializar el biogás como tal. Los países que producen biogás en su mayoría se han dedicado a la construcción y comercialización de biodigestores, la mayor parte de estos son destinados a zonas rurales dejando de un lado el casco urbano.

- Producción de biogás en biodigestores: de sistema Hindú y Chino

El biodigestor hindú fue desarrollado en la India después de la segunda guerra mundial, surgió por la necesidad de combustible para tractores y calefacción para hogares en época de invierno. El proyecto KVICK creador del digestor Hindú y el nombre del combustible obtenido conocido como biogás. Este digestor trabaja a presión constante y es muy fácil su operación ya que fue ideado para ser manejado por campesinos de muy poca preparación.

El biodigestor chino fue desarrollado al observar el éxito del biodigestor Hindú, el gobierno chino adaptó esta tecnología a sus propias necesidades, ya que el problema en China no era energético sino sanitario. El biodigestor chino funciona con presión variable ya que el objetivo no es producir gas sino el abono orgánico ya procesado.

- Digestores de Segunda y Tercera Generación

El digestor de segunda generación opera básicamente en dos niveles. En la parte baja del mismo se construye un túnel, que sirve para retener temporalmente todos los materiales que tienden a flotar; el laberinto se divide en una serie de cámaras independientes pero comunicadas entre sí de forma continua. Por medio de planos inclinados y ranuras delgadas en las placas de ferrocemento que conforman el techo del laberinto, se permite el paso del gas y del material ya hidrolizado y degradado

El digestor de tercera generación es la mezcla de varios digestores en una unidad. El laberinto es típico del sistema de Tapón o Bolsa, con longitudes efectivas de 20 a 30 metros, es el sistema más sencillo y práctico de todos los digestores de tipo convencional.

Actualmente existen una serie de empresas dedicadas a la fabricación de biodigestores para la obtención de biogás., entre las que podemos mencionar BIOTEC³ Y AQUALIMPIA⁴

³ BIOTEC trata efluentes agro-industriales, estiércoles, y desechos sólidos y biomasa (pastos y forrajes) en biodigestores para generar: biogás

⁴ <http://www.aqualimpia.com>

- **Producción de biogás como fuente energía en Guatemala**

En Guatemala la cobertura forestal es un 37% de la superficie nacional y es la leña la fuente energética de mayor demanda con un 63% del consumo final de energía, esto se debe a que la mayor parte de la población vive en el área rural y es de escasos recursos.

En materia de biodigestión anaeróbica, en el área rural se han construido alrededor de 800 biodigestores tipo familiar, pero éstos no han sido operados correctamente, y se ha aprovechado los beneficios del bioabono más que los propiamente energéticos. La mayoría de estos biodigestores son de tipo chino. La única fuente biomásica que se ha utilizado para la producción de energía eléctrica en Guatemala, ha sido el bagazo de caña de azúcar.

6. HIPÓTESIS

Si los desechos orgánicos en el comedor "Domingo Savio" de la Asociación Padre Fabretto son tratados con la tecnología adecuada, entonces es posible producir suficiente biogás para abastecer la cocina de esta institución.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 Tipo de Investigación/Universo/Muestra

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo descriptiva y explorativa encaminada a diagnosticar.

El universo está establecido en la Asociación Padre Fabretto, en base a los diferentes depósitos de materia orgánica expuestos en el centro.

La muestra se obtendrá realizando un muestreo no probabilístico, que permita elegir las zonas más representativas por decisión del equipo investigador, con características que fundamente objetivamente la investigación.

7.2 Métodos generales y particulares a emplear

El presente trabajo de investigación apoyado científicamente: se llevará a cabo a través de investigaciones documentales, académicas y de campo; utilizando el método analítico, lógico y de síntesis como complemento de todas ellas de manera que permitan que el estudio se realice de forma ordenada y sistemática.

La investigación documental y académica es bibliográfica: se consulta de diferentes libros, investigaciones realizadas e Internet a fin de obtener información sobre la teoría para sustentar la investigación.

En la investigación de campo se hará uso de técnicas tales como: la encuesta, entrevista y observación directa las cuales permiten la obtención de información en el proceso de recolección de datos.

7.3 Actividades/Tareas por Objetivos Específicos

1. Identificar la disposición de material orgánico para la producción de Biogás

Se realizara una investigación de campo: utilizando técnica de observación directa que permita al grupo investigador obtener un juicio propio de la situación, entrevistas al personal de cocina que puedan proporcionar información vital para la investigación.

Además de un muestreo que tenga por finalidad la evaluación del volumen de materia orgánica disponible en el centro.

2. Evaluar la composición de los desechos orgánicos disponibles en centro

Se elaborarán entrevista a expertos químicos que puedan dar una opinión especializada de las propiedades químicas de la materia orgánica obtenida en el muestreo. También se realizará una investigación académica con el fin de determinar las propiedades energéticas de los desechos orgánicos obtenidos.

3. Diagnosticar la prefactibilidad técnica de construir un biodigestor en el comedor de la Asociación

Se hará uso de investigación documental, académica y de campo: consultando bibliografías especializadas en el caso. Además se hará uso de entrevistas y encuestas a especialistas en el campo técnico que puedan dar una opinión profesional y acertada de la investigación. También se realizara la construcción de un prototipo para verificar el comportamiento y los resultados obtenidos en la documentación previa.

4. Analizar la prefactibilidad financiera de construir un sistema de biodigestión

Entrevistas y encuestas a expertos financieros que puedan apoyar y fundamentar la investigación; así como un minuciosa investigación en documentos bibliográficos. También se realizaran cálculos financieros con el fin de establecer un soporte a las teorías presentadas en la documentación pertinente.

7.4 Cuadro de Certitud Metódica

Objetivo General	Objetivos Específicos	Información		Herramientas/Métodos	Interpretación	Resultados	
		Unidades De Análisis	Variables			Parciales	Final
Realizar un estudio de prefactibilidad para la construcción de un sistema de biodigestión en la Asociación Padre Fabretto.	Identificar la disposición de material orgánico.	Materia orgánica	Cantidad	Observación, encuestas, entrevistas y hojas de recolección de datos. Remisión documental	Cantidad de materia orgánica disponible.	Existe la cantidad necesaria de materia orgánica para producir biogás	Existe la prefactibilidad técnica y financiera de producir biogás para el abastecimiento del comedor en la Asociación Padre Fabretto..
	Evaluar la composición de los componentes orgánicos	Materia orgánica	Propiedades Químicas	Revisión bibliográfica, académica y entrevistas	Propiedades de la materia orgánica disponible	La materia orgánica existente, tiene las propiedades adecuadas para la producir biogás	
	Diagnosticar la factibilidad técnica de producir BIOGÁS	Procesos de producción de biogás	Mano de obra Maquinarias Métodos Mantenimiento	Investigación documental y de campo (entrevista) Pruebas de ensayo (Prototipo)	Disponibilidad de tecnología para producir biogás.	Producir biogás, es técnicamente posible.	
	Analizar la factibilidad financiera de producir BIOGÁS	Biodigestor	Rentabilidad, y costo-beneficio	Entrevistas a especialistas y revisión documental. Cálculos financieros.	Factibilidad financiera para producir biogás	Producir biogás es financieramente factible.	

8. ANÁLISIS DE DEMANDA Y OFERTA

8.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de demanda y oferta que a continuación se muestra, analizará en primera instancia el consumo de GLP (gas licuado de petróleo) en el centro "Domingo Savio" datos que permitirán proyectar la demanda del mismo.

El propósito de este análisis es realizar una correspondencia de la cantidad de Biogás que será demandada por la institución, tomando como referencias la proyección de demanda de GLP. Sin embargo, esta correspondencia se apreciará en el estudio técnico pues requiere de cálculos más específicos y explicaciones más técnicas. Por tanto en este capítulo sólo se apreciará la demanda proyectada de GLP.

En el análisis de oferta, se establece la oferta de materia prima. Esto se logró a través de un muestreo el cual identifica el tipo y cantidad de la misma que puede ser aprovechada para realizar la producción de biogás. El objetivo del muestreo es obtener datos reales a fin de realizar proyecciones de oferta.

El propósito de realizar proyecciones de oferta, es determinar la cantidad de biogás que es posible producir a partir de materia orgánica ofertada.

En resumen, el capítulo muestra los análisis que se hacen necesarios para entender los procedimientos que se realizarán en el Estudio Técnico.

8.2 DESCRIPCIÓN DEL BIEN

El bien a construir es una planta de Biodigestión, con parámetros de alimentación continua por ser la más apropiado para labores domesticas.⁵ Este tipo de sistema es cargado y descargado en forma periódica, por lo que el material de fermentación deberá ser fluido y uniforme.

El producto resultante es biogás de cocina, producción que se efectuará usando como materia prima desechos orgánicos domésticos (desechos generados en la cocina).

Es un sistema de biodigestión que no necesita la realización de adaptaciones complicadas a las cocinas, son trabajos sencillos que implican el aumento del diámetro de la tubería que va a la cocina o la construcción de quemador artesanal.

8.2.1 Características

- El biogás es un gas incoloro, inodoro e inflamable. Es un gas de presión baja por lo que reduce el peligro de explosión.
- En la combustión, produce una llama azul con un poder calorífico de 6kwh/m^3 , lo que permite la cocción de los alimentos.
- El biogás está compuesto de una mezcla de gases formada por metano (el principal componente del biogás), dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico, el cual le dará un olor característico para la detección de fugas.
- No produce humo; el cual es uno de los males que afectan la salud de las personas que cocinan con leña, liberando gran cantidad de CO_2 a la atmósfera.
- No produce malos olores, provenientes de la materia prima utilizada, ya que la construcción del sistema por característica es hermética.

⁵ Informacion obtenido de: Ludwing Sasse, "La planta de Biogas", Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Alemania, 1984.

8.2.2 Importancia del producto

Un sistema de biodigestión, es una tecnología que se adapta perfectamente a las necesidades económicas y ambientales de una población, ya que se basa en el aprovechamiento de energías renovables.

Económicas: El biogás sustituye el uso de otros tipos de combustible para la cocción de los alimentos, reduciendo así los gastos incurridos en su compra.

Ambientales: la producción de biogás toma como materia prima desechos orgánicos, disminuyendo la exposición de estos al ambiente, por tanto la proliferación de insectos.

8.2.3 Consumidores y beneficiarios finales

En principio, la asociación Padre Fabretto será la principal y única beneficiaria del producto del biodigestor. Se notará una reducción en los gastos de consumo de GLP, debido a que el biogás solventará el uso del mismo.

El personal de cocina representará el consumidor final, ya que ellos utilizarán el bien para la preparación de los alimentos de la población del Centro.

8.3 ANÁLISIS DE DEMANDA

8.3.1 Consumo de GLP

La Asociación Padre Fabretto inició actividades en el centro "Domingo Savio" con modalidad secundaria-técnica en el año 2007, fecha desde la cual el comedor sirve almuerzo para el personal docente, administrativo y estudiantil del centro.

Desde entonces el centro adquiere GLP aproximadamente cada tres meses, para reabastecer el tanque de 500 litros. El consumo de los últimos años⁶ han sido de:

Tabla 1: Consumo de GLP

Años	Población	Consumo GLP (litros/año)
2007	114	799
2008	153	1047.5
2009	180	1203



Tanque de 500 litros

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos históricos se pretende realizar proyecciones de demanda (GLP), luego se procederá a analizar el crecimiento poblacional de la institución con el fin de realizar proyecciones y de esta manera obtener datos confiables.

8.3.2 Cálculo de tasa de crecimiento poblacional de la Institución

Condiciones que deben prevalecer para analizar el crecimiento poblacional

1. Se seguirá incurriendo en la compra de GLP, independientemente de la cantidad poblacional de la institución.

⁶ Los datos fueron facilitados por la administración de la Asociación Padre Fabretto.

2. El nivel de matrícula de la Institución estará limitada a la población aledaña al centro, salvo casos muy especiales.
3. El mayor porcentaje de alumnos provengan de las dos escuelas aledañas al centro.
4. El personal docente crezca proporcionalmente al crecimiento estudiantil.

Para realizar el cálculo de la de la tasa de crecimiento se tomaron desde la inauguración de la institución hasta la actualidad.

Tabla 2: Cálculo de tasa de crecimiento poblacional

Año	Población	Tasa
2007	114	
2008	153	34.21%
2009	180	17.65%
	t _{promedio}	25.93%

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta tasa se proyectará la oferta anual para los próximos tres años. Se ha considerado un periodo de tres años ya que en este período se inaugurarán los niveles de estudio de cuarto a sexto año completando el ciclo de bachillerato técnico.

8.3.3 Proyección de demanda de GLP

Tomando en cuenta los porcentajes de crecimiento poblacional del centro, se procederá a calcular las proyecciones anuales de consumo de GLP.

Para realizar las proyecciones se aplicará la siguiente fórmula: $D_n = D_0 (1+i)^n$ donde:

D_n = Demanda en el año n

D_0 = Demanda inicial

i = Tasa de crecimiento poblacional

Tabla 3: Proyección de demanda de GLP

Año	n	Demanda (litros/año)
2010	1	1514
2011	2	1907
2012	3	2402

Fuente: Elaboración propia

La tabla detalla las proyecciones de consumo de GLP anual. En base a estos resultados se determinó la demanda de biogás anual, utilizando una relación de poder calorífico.

Estos detalles podrán ser observados con mayor definición en el estudio técnico.

8.4 ANÁLISIS DE OFERTA

8.4.1 Identificación de Materia Prima

La Asociación Padre Fabretto dispone de cuatro fuentes de materia prima, dos de las cuales son desechos provenientes de pequeños comedores ubicados en escuelas primarias aledaños al centro "Domingo Savio", el tercero son desechos provenientes de una finca propiedad de la Asociación y el último son materias que se generan en el comedor del centro.

A continuación se analizarán estas cuatro fuentes de desechos con el fin de elegir la zona más representativa que fundamente objetivamente la investigación. La zona elegida será considerada la fuente de alimentación primaria para el biodigestor.

Tabla 4: Cuadro Comparativo - Fuentes de desecho "Asociación Padre Fabretto"

Fuente	Población	Tipo de desecho	Menú	Cantidad de desperdicio ⁷ (lbs./día)
Centro "Domingo Savio"	200	Orgánico	El menú es el mismo para los tres, el cual se ve en detalle más adelante.	27.7
Colegio 1	76	Orgánico		10.8
Colegio 2	50	Orgánico		7.10
Finca		Orgánico	No existe menú, los desechos son frutas y verduras en descomposición.	Las cantidades son mínimas y muy inferiores a las de los centros educativos.

Fuente: Elaboración propia

⁷ Se realizó una muestra piloto de 10 días en el comedor Domingo Savio, la cual fue promediada para ser comparada con las demás fuentes. A través del promedio se hizo una relación para los colegios, ya que el menú es el mismo para todos.

El equipo investigador decidió que las muestras más representativas de materia orgánica son obtenidas en la cocina del centro "Domingo Savio", ya que en este lugar se genera la mayor cantidad de desechos orgánicos. Además se consideró que cumple con la condición de alimentación continua del biodigestor, ya que los desechos son generados diariamente.

Al realizar entrevista⁸ al personal que labora en la cocina, se obtuvo el menú del centro. A partir de este menú se procedió a realizar un muestreo por medio del cual se obtuvieron los datos necesarios para la proyección de la oferta de materia prima.

Tabla 5: Menú semanal - Comedor Domingo Savio

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Menú 1	Torta de soya	Sopa de	Burrito de	Guiso de papa	Indio viejo de
	Arroz	vegetales y	frijoles, queso y	Arroz	soya
	Frijoles	pollo	tortillas	Plátano	Arroz
	Banano maduro	Frijoles	Arroz	maduro	Banano maduro
	Fresco de granadilla	Tortilla	Chirmol	Huevo cocido	Pinolillo/Avena
		Agua	Fresco de naranja		
Menú 2	Salpicón de soya	Arroz a la valenciana	Sopa de soya con albóndigas	Huevos revueltos	Torta de sopa de vegetales
	Arroz	Frijoles	Arroz	Arroz	Frijoles
	Frijoles	Tortilla	Queso	Frijoles	Chirmol
	Tortilla	Maduro	Agua	Maduro	Fresco de
	Banano maduro	Fresco de granadilla		Pinolillo	naranja
	Pinolillo				

Fuente: Administración Asociación Padre Fabretto

⁸ Ver Anexo 1, entrevista a personal de cocina

Tomando en cuenta el menú se realizó un muestreo durante dos meses y medio, se ejecutó durante semanas no consecutivas y en algunas semanas el pesaje no se realizó diario, sino como muestras al azar; el muestreo consistió en la inspección y pesaje de los desechos recolectados después del almuerzo.

Con las muestras se realizó una comparación entre menú para determinar el promedio de materia orgánica producida al día y calcular el nivel de desviación de los datos.

Tabla 6: Hoja de recolección de muestras de materia orgánica

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS ASOCIACIÓN PADRE FABRETTO MUESTRA PILOTO				
LUGAR	COMEDOR DOMINGO SAVIO			
OPERACIÓN	PESAJE DE MATERIA ORGÁNICA DEL COMEDOR			
Días	LBS.	DESCRIPCIÓN DE MATERIA	OBSERVACIONES	
Menú 1	Lunes	35	Cascaras de banano, cascaras de sandia, cascaras de melón, arroz, cascaras de huevo.	
	Martes	34	Cascaras de piña, cascaras de plátano, arroz, sal de soya, cascaras de papa, zanahoria, trozos de tortillas.	soya procesada y mezclada con verduras deshidratadas
	Miércoles	25	Cascaras de piña, cascaras de bananos, cascaras de limones, cebolla, cascaras de zanahoria, tomate	
	Jueves	27	Cascaras de papa, cascaras de melón, cascaras de naranja agria, yerba buena, sal de soya, cascaras de huevos, cascaras de plátano maduro	soya procesa (mezcla de verduras deshidratadas)
	Viernes	28	Cascaras de piña, cascaras de yuca, yucas enteras, cebolla, cascaras de naranja agria., arroz, cascaras de bananos maduros, residuos de pinolillo, ajo	piña y arroz cocidos
Menú 2	Lunes	20	Residuos de sal de soya, cascaras de limones, cascaras de banano maduro, trozos de tortilla, cascaras de aguacate.	
	Martes	28	Residuos de zanahorias, cascaras de quequisque, granadilla, plátano maduro, desperdicio de arroz cocinado.	
	Miércoles	26	Cascaras de yuca, tomates, naranja agria, piña.	
	Jueves	23.5	Cascaras de huevo, plátanos maduros, residuos de pinolillo, cascaras de aguacate.	
	Viernes	30.5	Cascaras de huevo, limones, tomates, naranja dulce, residuos de cebolla, chiltoma.	
Menú 1	Lunes	31	Cascaras de aguacate, cascaras de melón, cascaras de limón, arroz, cascaras de plátano, huevo.	cascaras de plátano cocido
	Martes	30	Cascaras de papa, cascaras de piña, cascaras de banano maduro, arroz, cascaras de plátano verde, residuos de pipianes.	piña y arroz cocidos

	Miércoles	29	Cascaras de limones, culantro, tomates, residuos de arroz, cascaras de sandia, ajo.	
	Jueves	30	Cascaras de papa, cascaras de naranja dulce, maduro, cascaras de huevo.	
	Viernes	33	Cascaras de naranja agria, cascaras de maduro, desperdicio de chiltoma, hierbabuena, cascara de ayote.	
Menú 2	Lunes	14	Cascaras de limones, cebolla, chiltoma, melón, pulpa de naranja, culantro.	
	Martes	30	Cascaras de zanahorias, piña, pulpa de arroz, tuza de chilotes, cascaras de ayote, chayote.	piña y arroz cocidos
	Miércoles	26.5	Cascaras de limones, sal de soya, cascara de tomate, cascara de yuca, chiltoma, hierbabuena, cascara de naranja agria, pulpa de naranja agria,	
	Jueves	24	cascaras de huevos, residuos de cebolla chiltoma, cascaras de plátano maduro, pina	
	Viernes	27	sal de soya, residuos de cebolla, chiltoma, cascaras de huevos, chayote, pipián, residuos de tomate, casaras de naranja dulce, limones	
Menú 1	Lunes	37	Cascaras maduro de plátano, pitaya y limones Desperdicios de cebolla y apio	Apio no incluido en el menú (en descomposición)
	Martes			
	Miércoles	25	Desperdicios de tortillas y sal de soya Residuos de chiltoma y cebolla, cascaras de piña.	
	Jueves	28	Cascaras de papas y papas enteras, cascaras de plátano, naranja y huevos., mangos	
	Viernes			
Menú 2	Lunes	22	Cascaras de banano maduro y plátano maduro, residuos de zanahoria licuada, desperdicios de arroz y frijoles.	Arroz y frijoles cocinados
	Martes	27	Desperdicios de tortilla, cascaras de zanahoria Desperdicios de sal de soya, cascaras de pepino, mangos	
	Miércoles			
	Jueves	24.5	Cascaras de huevos , limones, plátanos maduro, naranja agria; desperdicios de arroz ,residuos de avena	
	Viernes			

Fuente: Elaboración propia

Existen distintas frutas y verduras que son incluidas en el menú en dependencia de la temporada. Así como existen otras que no están incluidas en el menú sin embargo, por encontrarse en estado de descomposición fueron mezcladas junto con los desechos de la cocinas.

8.4.2 Proyección de Oferta de Materia Prima

Partiendo del muestreo anterior, se tomó el promedio de los pesajes del menú 1 y el menú 2 para realizar réplicas mensuales y anuales, las cuales permitieron pronosticar la oferta de materia prima a tres años.

El promedio del menú 1 se multiplicará por dos semanas (10 días) y luego se repetirá este proceso con el menú 2, al sumar ambas cantidades se obtiene la cantidad de materia orgánica generada al mes y al multiplicarla por el número de meses del año escolar (10 meses) se calculará la cantidad de materia prima anual.

Tabla 7: Comparación de oferta de materia prima de menús

Menú	Datos (kg/día)			Promedio	Desviación Estándar
1	35	31	37	30.15	3.7382
	34	30	25		
	25	29	28		
	27	30			
	28	33			
2	20	14	22	24.85	4.9188
	28	30	27		
	26	26.5	24.5		
	23.5	24			
	30.5	27			

Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado que la desviación entre los datos del menú 1 y menú 2 permiten una réplica de datos partiendo del promedio para un año.

$$\text{Materia prima mensual} = (30.15 \text{ kg} \cdot 10) + (24.85 \text{ kg} \cdot 10) = 550 \text{ kg / mes}$$

$$\text{Materia prima anual} = 550 \text{ kg / mes} \cdot 10 \text{ meses} = 5500 \text{ kg / anual}$$

Para realizar la proyección de tres años se consideró la tasa de crecimiento poblacional de la institución como tasa de crecimiento de oferta de materia prima.

8.4.2.1 Proyección de la oferta

Para el cálculo de la oferta se utilizó la fórmula de $F = P (1+i)^n$ para proyecciones futuras, la cual ajustada para la determinación de oferta futura será $O_n = O_0 (1 + t_{cs})^n$ donde:

O_n = Oferta en el año n

O_0 = Oferta inicial derivada del mercado meta

t_{cs} = Tasa de crecimiento poblacional.

$$O_n = 5500 (1 + 0.2593)^1 = 6926.0836 \text{ lbs}$$

Tabla 8: Tabla de Proyecciones de Oferta de Materia Prima

Año	Oferta (lbs./año)	Oferta (Kg/año)	Oferta (Kg/día)
2009	5500	2494.7577	12.4737
2010	6926.0836	3141.61826	15.7080
2011	8721.9334	3956.20192	19.7810
2012	10983.4255	4981.99734	24.9099

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta las proyecciones de oferta de materia prima, se realizó un cálculo aproximado de la cantidad de biogás que se producirá a partir de dicha materia, el cual se verá reflejado en el estudio técnico.

9. ESTUDIO TÉCNICO

9.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto estará ubicado en el municipio de Managua, departamento de Managua, Capital de Nicaragua, específicamente en el comedor del Centro Domingo Savio, el cual se localiza en el Barrio San Isidro de Bolas, de la Plaza Julio Martínez, 7 Km al este.

Figura 1: Ubicación del proyecto



Fuente: Google earth

9.1.2 Datos Generales del Municipio de Managua

Nombre del Municipio: *Managua*

Nombre del Departamento: *Managua*

Fecha de fundación: *1846*

Posición geográfica:

Altitud sobre el nivel del mar: *40-200 s.n.m. (metros sobre el nivel del mar)*

Superficie: *683 Km²*

Densidad de población: *903 100 hab.*

Clima y precipitación: *Llanos secos y suelos aluviales con extractos volcánicos con precipitación promedio de 1200 mm/anuales.*

Temperatura: *27-36° C*

9.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN

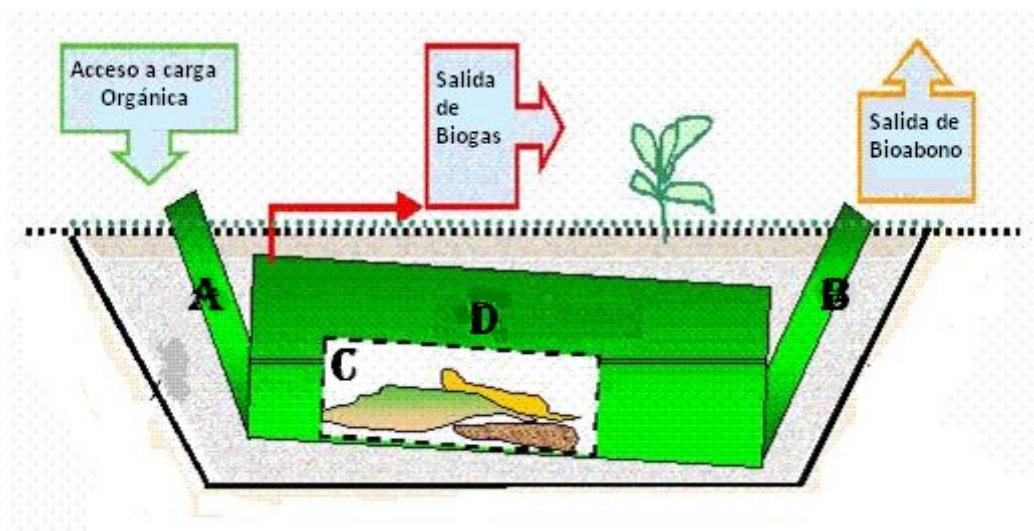
9.2.1 Descripción del Sistema de biodigestión

Un sistema de biodigestión permite la carga de afluentes (cieno de fermentación o sustratos) compuesto por una mezcla de materia orgánica y agua, que frecuentemente se encuentra en una relación de 1:1. Así también permite la descarga de efluentes (bioabono) y la acumulación de biogás para su aprovechamiento.

9.2.1.1 Partes del Sistema de Biodigestión

Obsérvese un esquema de **Sistema de biodigestión**, en el que se muestra cada uno de sus componentes:

Figura 2: Esquema de sistema de biodigestión



Fuente: Elaboración propia

Este es un diseño que se muestra para tener una idea básica del diseño de un sistema de biodigestión de tipo continuo (carga continua):

- A. Tubería de entrada del biodigestor, en la cual se suministra la materia orgánica en forma conjunta con el agua.

- B. Tubería de salida del biodigestor, en la cual el material ya digerido abandona el sistema.
- C. Tanque en el cual se digiere la mezcla, en este se produce el proceso de digestión que libera la energía contenida en la materia orgánica, para convertirse en biogás.
- D. Cámara donde se recolecta todo el gas producido.

9.2.1.2 Descripción del proceso

La actividad productiva en el sistema de biodigestión inicia con el almacenamiento de la materia orgánica en recipientes colocados dentro de la cocina del Centro.

Una vez llenos los recipientes, se procede a transportarlos a la planta del biodigestor, donde se realiza una inspección de la materia para verificar la calidad y la cantidad de la misma. La calidad se comprueba a través de una observación directa para la detección de elementos extraños que pudiesen perjudicar el proceso. La cantidad se verifica midiendo la materia orgánica o registrando la cantidad de recipientes a utilizar en la producción.

Luego se procede a triturar la materia hasta que alcance una consistencia adecuada para el proceso.

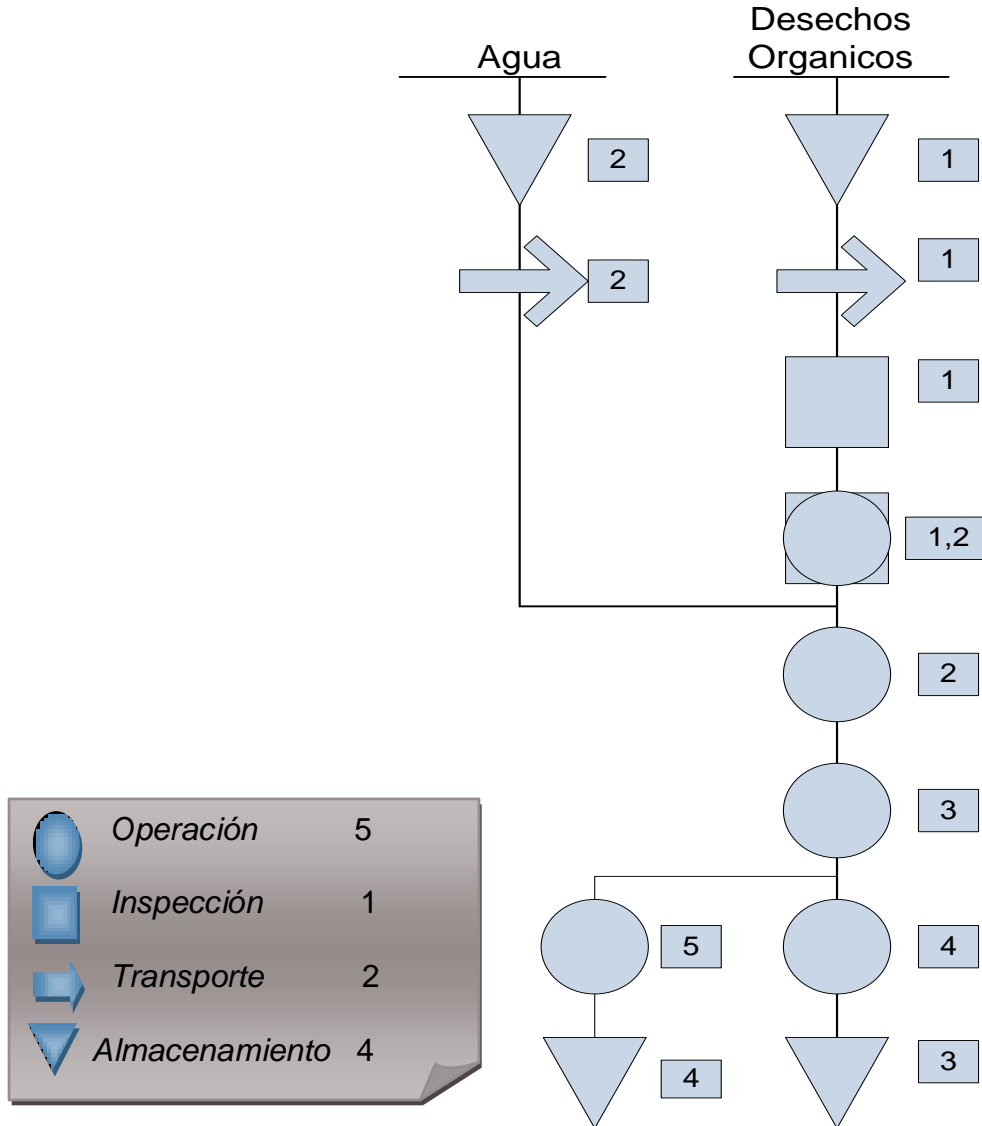
Al finalizar los procesos anteriores, el agua almacenada en tanques es transportada hasta la planta del biodigestor, donde se registra la cantidad de recipientes a utilizar.

Cuando la cantidad de ambos componentes está en relación 1:1 (recipientes), son mezcladas e introducidas al biodigestor.

Dentro del biodigestor se lleva a cabo el proceso de biodigestión, el cual una vez finalizado, produce dos nuevos productos: biogás y bioabono.

El biogás es almacenado en la cámara interna de gas, mientras que el bioabono es almacenado en la cámara de descarga externa. Ambos componentes quedan a disposición de ser utilizados.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Proceso de Sistema de Biodigestion Metodo Actual



DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Proceso del Sistema de Biodigestión

Almacenamiento

1. Materia prima almacenada en recipientes
2. Agua almacenada en tanques
3. Biogás almacenado en cámara interna de biodigestor
4. Bioabono almacenado en depósito de descarga

Transporte

1. Desechos transportados a la planta de biodigestor
2. Agua transportada a la planta de biodigestor

Inspección

1. Verificar calidad y cantidad de materia prima
2. Verificar la consistencia de los desechos

Operación

1. Triturar los desechos orgánicos
2. Mezcla de agua y desechos orgánicos
3. Proceso de producción de biogás (proceso bioquímico)
4. Proceso de producción de bioabono

9.2.2 Aspectos a considerar en la construcción del biodigestor

Existe una serie de aspectos que deben tomarse en cuenta para iniciar la construcción de un sistema de biodigestión, el cumplimiento de estos aspectos garantiza el correcto funcionamiento del sistema.

1. **Elección del sitio:** Este punto es de gran importancia pues incide en el éxito o el fracaso de la operación del biodigestor. Por lo que se ha tomado en cuenta las siguientes características:
 1. Proximidad al lugar donde se consumirá el gas (cocina del comedor), pues las presiones obtenibles no permiten el transporte del gas a mayores distancias.
 2. Cercanía al lugar donde se recogen los desperdicios para evitar el traslado a grandes distancias, que tarde o temprano atentará contra una operación correcta del biodigestor, e implicará mayores costos.
 3. Alejado de cualquier fuente de agua para evitar posibles contaminantes.
 4. Ubicado en un espacio con temperatura relativamente estable, tratando de que reciba el máximo de energía solar. Esto se debe a que el calor emitido por la energía solar acelera el proceso de biodigestión.

Por todo lo anterior, se decidió analizar la posibilidad de realizar la construcción del sistema en el huerto, un terreno ubicado a una distancia aproximada de 5 metros de la cocina y a 30 metros de la primera fuente de agua potable.⁹

2. **Elección del tipo de biodigestor:** Para determinar el tipo de biodigestor más conveniente para el centro se han tomado en cuenta los siguientes factores:
 - Inversión a realizar, a fin de construir un sistema de biodigestión económico, que cumpla con las expectativas de funcionamiento.
 - Simplicidad con la que se pretende manejar el sistema, con el objetivo de que pueda ser manipulado por personal que no posea gran especialización.
 - Temperatura del lugar. El centro "Domingo Savio" (ubicado en la ciudad de Managua en la comarca San Isidro de Bolas) cuenta con una temperatura media de 29° centígrados.

⁹ Ver Anexo 2, valoración del sitio de construcción

Por todas las características antes mencionadas se ha considerado que el sistema de biodigestión que mejor se ajusta a los requerimientos es un "**Biodigestor de cúpula flexible**"¹⁰ cuya construcción requiere de materiales sencillos y de bajo costo. La construcción de este tipo de biodigestores precisa que la alimentación del mismo se realice de forma continua. Anteriormente se mencionó que los desechos domésticos del centro *Domingo Savio* son generados diariamente, cumpliendo con el régimen de alimentación de este tipo de sistemas.

La construcción de **Biodigestores de cúpula flexible** tiene grandes ventajas ya que:

- Permiten controlar la digestión de la materia.
- Permiten el mantenimiento y la corrección, de cualquier anomalía que se presente en el proceso.
- Los trabajos de carga y descarga de los materiales no requieren de operaciones complejas.
- Son más eficientes que otro tipo de biodigestores, requieren de menor volumen líquido para producir unidad de gas.

¹⁰ Ver en Anexo 3, Tabla de tipo de biodigestor y sus características

9.2.4 Descripción del Proceso de Biodigestión

La biodigestión es un proceso de biodegradación (fermentación) de la materia orgánica, llevada a cabo por la acción de microorganismos en ambiente anaeróbico (ausencia de aire), al finalizar el proceso se produce biogás. Este proceso contempla cuatro etapas:

1. Hidrólisis:

En este proceso la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias, descomponiendo las moléculas solubles en agua, como grasas, almidón, proteínas y celulosa; reduciéndolas a moléculas más simples y compuestos solubles.

La celulosa no se hidroliza en gran proporción, solamente en un 50%, porque se muestra asociada a la lignina (polímero de estructura compleja).

Las sustancias con alto contenido de lignina, en condiciones anaerobias son prácticamente no biodegradables, por esta razón es necesario realizar un tratamiento previo a la materia que la contenga. En el caso del biodigestor del Centro es necesario triturar la basura antes de introducirla al biodigestor a fin de liberar las sustancias utilizables. Esto facilita el proceso de biodegradación, especialmente de materias como las cáscaras de plátano, que contienen alta concentración de celulosa.

Se hace referencia a la cáscara de plátano o banano, pues es uno de los desechos que se encontró con mayor frecuencia en el muestreo realizado en el comedor del centro Domingo Savio.

Esta es una etapa muy primordial, por ello siempre debe tenerse en cuenta el tipo de materia que será introducida al biodigestor.

2. Acidogénesis

Ante la ausencia de oxígeno, en este proceso, los compuestos orgánicos solubles que comprenden los productos de la hidrólisis son convertidos en ácidos orgánicos como: fórmico, propanoico, butírico, láctico.

3. Acetanogénesis

En este proceso los alcoholes, ácidos grasos y compuestos cromáticos se degradan produciendo ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno que son los sustratos de las bacterias metanogénicas. En un porcentaje se puede dar productos acetogénicos directamente de la hidrólisis sin pasar por la acidogénesis.

4. Metanogénesis

Etapa en la que se produce Metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), principalmente. Como resultado de la actividad de bacterias metanogénicas que necesitan encontrarse en una atmosfera con ausencia de aire

Las bacterias metanogénicas son organismos que juegan un papel fundamental en el biodigestor, su desarrollo es muy lento y son especialmente sensibles a las variaciones que se producen en el medio en el que residen. Sin embargo, se forman diferentes tipos de bacterias metanogénicas, en dependencia de la temperatura en la que se desarrollen.

9.2.4.1 Condiciones óptimas para el proceso de biodigestión

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

- **Temperatura:** La digestión anaeróbica puede tener lugar en distintas condiciones de temperatura, se distinguen unas zonas de temperaturas que corresponden al funcionamiento óptimo de tres grupos diferentes de bacterias y en correspondencia con estas zonas también pueden definirse el tiempo de retención de las materias:

Tabla 10: Zonas de temperatura y tiempo de retención

Temperatura	Bacterias	Tiempo de retención (días)
T < 20°C	psicrófilas	100 a más
20° < T < 45°	mesófilas	20-100
50° < T < 60°	termófilas	8-20

Fuente: Jorge A. Hilbert, *Producción Sustentable de Biomasa*, Argentina 2006

Muchos investigadores recomiendan que se trabaje en el rango mesófilo, ya que alrededor de 35-36 °C se tienen las mejores condiciones de crecimiento de las bacterias y velocidad de producción de metano.

La zona donde se pretende la construcción del Biodigestor, cumple con las condiciones de temperatura óptima para la producción de metano. Ya que oscila entre un rango de 27-36 °C.

- **Acidez:** Es uno de los parámetros de control más importante debido a que los microorganismos metanogénicos presentan una gran sensibilidad a las variaciones del mismo. Si el valor del pH se mantiene entre 6,8 y 7,4 se consigue un buen rendimiento de degradación y una elevada concentración de metano en el biogás.

El grupo investigador emprendió la construcción de un prototipo¹¹ de biodigestor, para simular la producción de biogás a partir de materia orgánica doméstica; y de esta manera realizar mediciones de pH, dichas mediciones proporcionó el siguiente resultado es: **6.57**, por lo que se concluye que la producción a partir de este tipo de materia cumple con las condiciones de pH necesario.

- **Contenido en sólidos:** la carga del biodigestor no debe ser muy diluida. Si la mezcla es excesivamente fluida las bacterias no tendrán suficiente alimento para vivir; mientras que un exceso en sólidos disminuye la movilidad de los microorganismos y por consiguiente la efectividad del proceso, ya que les impide acceder al alimento.

Como norma general el contenido en sólidos suele ser inferior al 15% de la carga total;¹² esta es una condición que debe tomar en cuenta la persona o las personas, que estarán encargadas de alimentar el biodigestor. Ya que del correcto manejo de los sólidos depende el funcionamiento óptimo del sistema.

¹¹ Ver detalles de prototipo en "Descripción del sistema experimental"

¹² Ing. Gabriel Moncayo Romero, *Digestión Anaeróbica*, Ecuador marzo 2005

- **Alcalinidad:** La alcalinidad da una medida de la capacidad amortiguadora que posee un biodigestor ante posibles cambios del pH del efluente a tratar, y ya se ha visto la importancia de que el pH se mantenga constante dentro de un rango de valores. Esta alcalinidad va a determinar el que se puedan tratar o no residuos que no sean neutros.
- **Nutrientes:** Para que se produzca el crecimiento y la actividad microbiana, es necesario un aporte de nutrientes a las células. Estas deben disponer de compuestos como carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales. Las pequeñas concentraciones de sodio, potasio, calcio, molibdeno o hierro favorecen la descomposición del sustrato y la formación de metano. Una de las ventajas que presenta el proceso anaeróbico frente a la degradación de la materia por mecanismos aerobios reside precisamente en los nutrientes, puesto que para un mismo nivel de degradación el proceso anaeróbico requiere menos de la mitad de nutrientes.
- **Tóxicos:** agentes que inhiben la digestión y el oxígeno. Concentraciones elevadas de amoníaco, sales minerales y algunas sustancias orgánicas como detergentes, antibióticos y pesticidas son ejemplo de estas.

Una de las características que condicionan más la producción de biogás es el tipo de materia con la que el biodigestor es alimentado.

- **Tipo de materia orgánica.** La composición en porcentaje de metano y dióxido de carbono está en dependencia de las materias primas con que se alimente el digestor. Si existe mayor cantidad de proteínas y grasas existe una mayor concentración de metano; lo que es un punto importante pues el metano confiere el valor energético a este gas.

9.2.5 Análisis de Materia Orgánica

El tipo de biomasa utilizada para la producción de biogás, suele ser residual procedentes de distintas fuentes con alta concentración de humedad, que facilita su tratamiento mediante la digestión anaeróbica.

La materia orgánica generada en el "Centro Domingo Savio" es proveniente de la cocina del mismo, la mayoría de estas son desechos de vegetales, frutas y cereales utilizados en la preparación de los alimentos. La elaboración de los alimentos se realiza en base a un menú cuyos elementos aprovechables para la producción de biogás se detallan a continuación, cada uno con su correspondiente valor energético.

Tabla 11: Tipo de materia orgánica y valor energético

<i>Clasificación de Desechos</i>							
Frutas (cáscaras)	V. E (Kcal)	Vegetales (Cascaras y Desperdicios)	V. E (Kcal)	Cereales (Residuos)	V. E (Kcal)	Otros	V. E (Kcal)
Sandía	30	Cebolla	47	Soya		Desperdicio de tortilla	349
Melón	31	Chiltoma	22	Pinolillo		Cascara de huevo	162
pitaya	54	Culantro	98	Arroz	354	Hueso de pollo	129
Aguacate	157	Papas	85	Avena	367		
Granadilla	65	Zanahoria	42				
Banano	90	Tomate	29				
Limón	39	Ayote	24				
Naranjas	94	Hierbabuena	34				
Plátano ¹³	95	Yuca	290				
Piña	51	Apio	20				
Mango	57	Chayote	19				
		Chilote					
		Pipian					
		Quequisque	132				
		Pepino	12				
		Ajo	139				

Fuente: Instituto gentenatural.com, *Valor Calórico de los Alimentos*.

¹³ Según los componentes de esta fruta, entre todas es la que presenta mayores dificultades para su degradación por su alta concentración de celulosa.

Se ha detallado el valor energético, de los elementos a utilizar en la alimentación del biodigestor con el propósito de analizar la producción de metano.

El valor energético determina la cantidad de energía que será liberada para la obtención del metano. Siendo este último de gran importancia pues brinda al biogás las características de combustible requeridas.

La materia orgánica de la que se dispone para la producción de biogás, en su mayoría es vegetal. Este tipo de materia produce mayores cantidades de biogás que otro tipo de materias; sin embargo la producción de metano es menor, debido a que posee un valor energético inferior¹⁴ en relación a otras.

Aunque este tipo de materia no produce un gas de alta potencia, es claro que puede sustituir al GLP, ya que los desperdicios domésticos (como los generados en la cocina del centro) alcanzan un porcentaje de metano promedio de 50%¹⁵. Lo que significa que del total de biogás producido la mitad de este es compuesto por metano.

Debe tenerse en cuenta que la calidad de la materia prima en términos de rendimiento de gas dependerá en gran parte de la frescura de esta: entre más fresca sea, el rendimiento de gas será mayor y tendrá menor peligro de acidificarse. Ya que las materias ácidas pueden inhibir e incluso dañar las bacterias del biodigestor.

Básicamente es posible utilizar todo tipo de materias orgánicas o biológicas para la generación de biogás, siempre y cuando éstas puedan ser degradadas por los microorganismos. Sin embargo, el tipo de biomasa utilizado para este proceso determina el volumen y grado de pureza del gas que se va a generar.

¹⁴ Las bibliografías manejan que los excrementos animales poseen el valor energético más alto para producción de metano. Ver en Anexo 5 Producción de Metano de Desechos animales.

¹⁵ En dicho porcentaje coinciden la mayoría de las bibliografías consultadas.

9.2.3 Descripción del sistema experimental –prototipo del proyecto-

Para analizar la construcción del sistema de biodigestión en comedor "Domingo Savio" se procedió a realizar una investigación experimental a través de un prototipo de biodigestor. El cual simuló la producción de biogás, permitiendo tomar muestra de pH y determinar el tiempo de retención o permanencia del sustrato en el biodigestor.

Para el análisis experimental se utilizó un recipiente con capacidad de almacenamiento de 208.12 litros. El 70% de éste fue ocupado con el sustrato de fermentación: agua y desechos de cocinas en una relación de 1:1 cubriendo 145.684 litros del recipiente. Un 30% se dejó libre para la acumulación de gas.

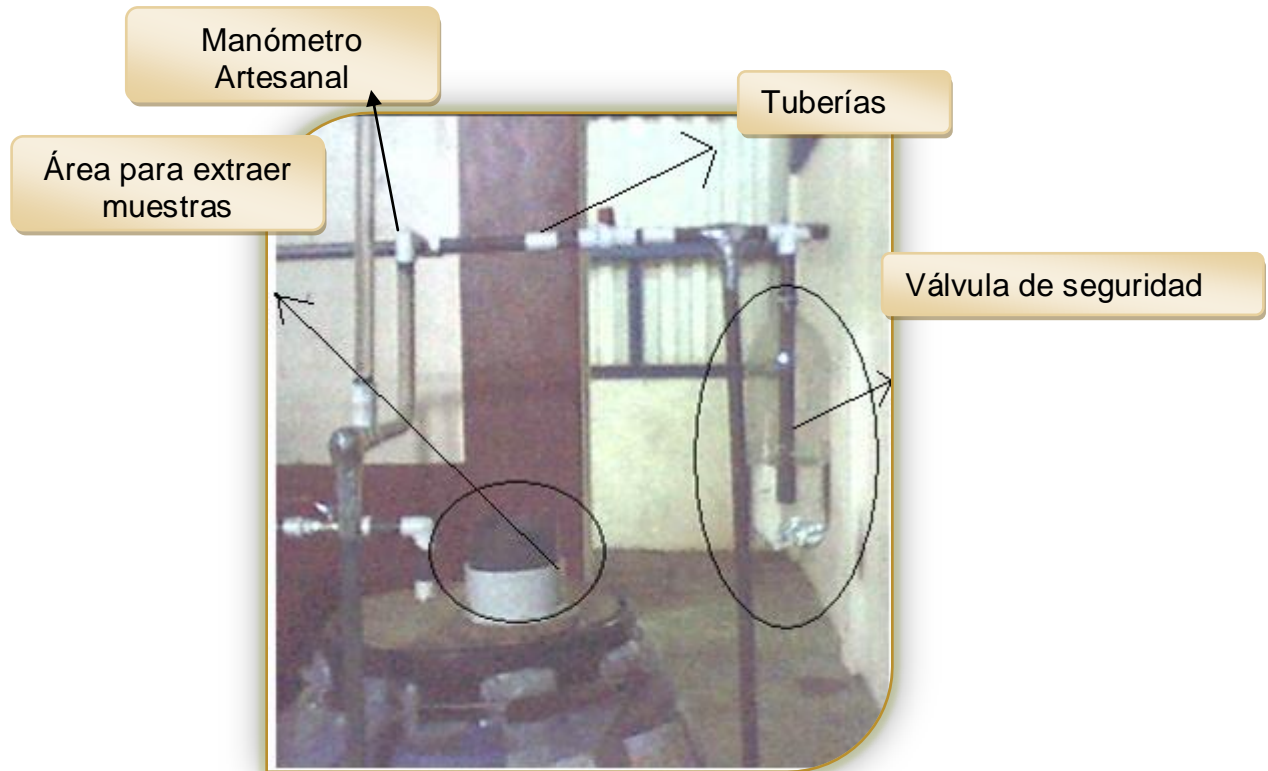
El sistema fue alimentado a través del método batch, donde el biodigestor es cargado de una sola vez. Dicho método fue aplicado por efectos de estudio, ya que se ha recomendado al centro la construcción de un sistema de alimentación continua por ser apropiados para labores domesticas.

Se realizó una selección del sustrato utilizado en el prototipo, de manera que coincidiera en la medida de lo posible con la materia orgánica vegetal generada en el centro Domingo Savio. Otro parámetro importante fue el nivel de temperatura, se concluyo que la temperatura del lugar donde permaneció el prototipo de biodigestor es aproximada a la del centro, ya que este está ubicado en la ciudad de Managua cuya temperatura es constante en todas sus zonas oscilando entre 27 a 36° centígrados ambiente. El prototipo trabajo a una temperatura ambiente de 30°c, medida al iniciar el proceso.

El prototipo está compuesto por: tuberías pvc de ½ pulgada para el transporte de biogás, una válvula de seguridad compuesta por una botella de 3litros con un orificio en el centro y cargada hasta la mitad de agua –útil en caso de que el gas acumulado no sea utilizado y deba disiparse-, también se colocó una tubería de 4 pulgadas necesaria para realización de muestras. Se realizó un manómetro artesanal que permite medir los niveles de presión alcanzados por el gas.

Obsérvese el prototipo del proyecto y algunos de sus componentes.

Figura 3: Prototipo de biodigestor¹⁶



Fuente: Elaboración propia

La construcción de este prototipo no permitió determinar la cantidad de biogás producido por el sistema. Solamente fue posible realizar medida de ph. Sin embargo para analizar la producción de biogás a través de desechos vegetales, este grupo investigador se apoyó de investigaciones y experimentos realizados por expertos.

9.2.3.1 Resultados del proceso experimental

Los resultados que a continuación se presentan muestran datos de: tiempo de retención de los sustratos, pH y temperatura interna del prototipo.

¹⁶ Ver Anexo 4, Memorias de construcción prototipo del proyecto

Tabla 9: Tabla de resultado-prototipo de biodigestor

<i>Resultados experimentales</i>	
Tiempo de retención	40 días
pH	6.57
Temperatura (°C)	31.21

Fuente: Elaboración propia

9.3 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL BIODIGESTOR

9.3.1 Cantidad de Materia Prima

La cantidad de materia que va a digerir el biodigestor, es uno de los factores más relevantes para iniciar la construcción del mismo, es importante tener en cuenta que la cantidad del cieno de fermentación (afluente) está compuesta por una mezcla de materia orgánica y agua.

Anteriormente se expresó que esta mezcla normalmente se realiza en una relación de 1:1, con medidas de comparación (kg: Ltrs) lo que quiere expresar que, a un kilogramo de materia orgánica corresponde un litro de agua.

A través de un muestreo, fue posible determinar la cantidad promedio de biomasa generada en el comedor. Este promedio se obtuvo al día, ya que para determinar las dimensiones aproximadas del biodigestor se requiere de un promedio diario.

La modalidad técnica del centro "Domingo Savio" aún no ha sido inaugurada completamente, falta por dar apertura a niveles de cuarto a sexto año. Razón por la cual se realizó una proyección de oferta de materia orgánica¹⁷ para los próximos tres años, tomando en cuenta el crecimiento poblacional que habrá en ese periodo. Se ha considerado que al finalizar ese lapso de tiempo no existirá variación significativa de población, tomando en cuenta que solo existirá una rotación de la población estudiantil.

Por lo anterior mencionado se decidió trabajar con el promedio del último año proyectado de oferta¹⁸. De manera que al dimensionar, el biodigestor esté en la capacidad de almacenar el crecimiento continuo de materia prima.

A continuación se detallan los promedios diarios de materia orgánica y agua, del año en curso y proyectados.

¹⁷ Ver detalles en *Análisis de Oferta*

¹⁸ Para el análisis económico se establecerá un periodo de evaluación de cinco años, por tal razón desde ahora se considerará que para los años 2013 y 2014 se emplea el dato del último año proyectado.

Tabla 12: Cantidad de Materia Prima estimadas para abastecer el biodigestor

Año	Materia Orgánica (kg/día)	Agua (Ltrs/día)
2009	12.4737	12.4737
2010	15.7080	15.7080
2011	19.7810	19.7810
2012	24.9099	24.9099
2013	24.9099	24.9099
2014	24.9099	24.9099

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la tabla la cantidad de materia prima con la que se estima se alimentará el digestor durante los años siguientes. A partir de esta se determinó la cantidad de biogás que podrá producirse para solventar el consumo de gas GLP.

Debe aclararse que con esta cantidad de materia disponible es posible la producción de biogás, sin embargo no es garantía suficiente para afirmar que puede suplirse totalmente la demanda total de gas en el centro.

La cantidad promedio con la que se cuenta para determinar el volumen del biodigestor se indica a continuación:

Tabla 13: Cantidad de Materia Prima Diaria

Año	Materia Orgánica(Kg)	Agua (Ltrs)	Cieno de fermentación (Ltrs)
2012	25	25	50

Fuente: Elaboración propia

Los 25 kg de materia orgánica se suman con 25 litros de agua, se establece una relación considerando que al mezclar ambos componentes abarcaran un volumen de 50 litros.¹⁹

¹⁹ Esta definición se obtuvo de Ludwing Sase, "La Planta de Biogás" Eschborn Alemania, 1984

9.3.2 Tiempo de retención

El tiempo de retención determina el período en el que la materia prima estará dentro del sistema. Mientras mayor sea el tiempo que la materia permanezca en el sistema mayor será la producción de biogás.

La temperatura ambiente es uno de los factores que mayor incide en el tiempo que deben permanecer la materia para su total degradación. A medida que aumenta la temperatura disminuyen los tiempos de retención, por tal razón los biodigestores instalados en zonas de altas temperaturas son más eficientes.

Analicemos el factor temperatura:

Tabla 14: Temperatura vs tiempo de retención

Temperatura (°C)	Tiempos (días)
T<20°C	100 a mas
20°<T<45°	20-100
50°<T<60°	8-20

Fuente: Jorge A. Hilbert, *Producción Sustentable de Biomasa, Argentina 2006*

La temperatura de la zona donde está ubicado el comedor de la Asociación Padre Fabretto oscila en el rango de temperatura de $20^{\circ}<T<45^{\circ}$, por esto los tiempo de retención correspondientes son de 20-100 días de retención. Sin embargo, la precisión del tiempo de retención la determinará el tipo de materia orgánica, la cual presenta otros rangos de tiempos.

El tipo de materia es un factor relevante, generalmente los materiales con alta concentración de moléculas de celulosa demandan mayores tiempos de retención para ser digeridos. Por tal motivo la biomasa vegetal requiere de períodos de retención más largos que la animal.

El límite mínimo de los tiempos de retención está dado por el nivel de reproducción de las bacterias metanogénicas.

Analicemos el factor biomasa, la teoría indica que según el tipo que se vaya a tratar, los tiempos de retención oscilan entre los tres a cuarenta días.

Para definir con exactitud el tiempo de retención promedio con el que debe de tratarse la materia orgánica generada en centro "Domingo Savio", es posible utilizar la siguiente fórmula²⁰:

$$TR: (-51.277 * LNT^{\circ}C) + 206.72$$

En la cual el único valor a introducir es la temperatura promedio del lugar dado que los demás valor son constantes ya definidas en la formula. La temperatura promedio que se ha considerado es de 30°C, entonces:

$$TR: (-51.227 * LN30) + 206.72$$

TR: 32 dias

Sin embargo, este tiempo de retención es teórico. Por tal razón el grupo investigador se apoya en el prototipo de biodigestor que se ha construido para establecer un tiempo de retención más exacto.

Se ha tomando en cuenta el tiempo que demoró la materia para iniciar la producción de biogás, el cual se estimo en 40 días. Ya que al cabo de este periodo se comprobó la producción de biogás por parte del prototipo.

Dicho tiempo cabe en el rango de temperatura del lugar y dentro de las oscilaciones de período según la biomasa utilizada.

²⁰ Formula obtenida de Ludwing Sase, "La Planta de Biogás" Eschborn Alemania, 1984

9.3.3 Cálculos de volumen

Para calcular el volumen de un sistema de biodigestión sencillo, se utilizan parámetros característicos como: la cantidad diaria del cieno de fermentación, expresadas en ltrs/día (C_f) y el tiempo de retención.

Este cálculo solo incluye la capacidad que tendrá el biodigestor para almacenar cierta cantidad de materia a determinado tiempo de retención.

En este caso en el comedor del Centro Domingo Savio, se ha estimado que la cantidad de materia prima diaria alcanza un promedio de los 50ltrs/día, y que el tiempo de retención a utilizar es de 40 días.

El volumen del biodigestor se obtiene con la siguiente fórmula²¹:

$$V_D(l) = C_f(l/dia) \times TR(dias)$$

Donde:

V_D = Volumen del biodigestor expresado en litros

C_f = Cantidad del cieno de fermentación (cantidad de materia prima), en litros al día.

TR = Tiempo de retención de la materia, en días

$$V_D(l) = 50(l/dia) \times 40(dias)$$

$$V_D(l) = 2000 \text{ litros}$$

$$V_D = 2 \text{ m}^3$$

El volumen adecuado en base a la carga diaria y al tiempo de permanencia de esta es de 2000 litros. Sin embargo, este volumen debe expresarse en m^3 para tener una representación más acertada del tamaño del biodigestor.

²¹ Fórmula obtenida de: Ludwing Sasse, "La planta de Biogas", Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Alemania, 1984.

9.4 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

9.4.1 Volumen producción de biogás

Para maximizar la producción de biogás, los factores claves son el contenido de material orgánico y el contenido total de sólidos de la mezcla de carga. El contenido total de sólidos depende del tipo de sustrato y de la estrategia de manejo de residuos.

Para determinar el volumen de producción de biogás este grupo investigador se apoya de investigaciones y pruebas de laboratorios realizadas por expertos. Estas investigaciones revelan valores de producción de sustratos domésticos aplicando dosis diferentes. La investigación plantea que a medida que aumenta la cantidad de la dosis aumenta el volumen de producción.

El biodigestor a construir será alimentado por 50 Ltrs de cieno de fermentación diario como oferta máxima, por lo tanto producirá 4.58 Ltrs de biogás diario²², en el año 2012.

Cabe mencionar que el año escolar se divide en trimestres. Al culminar cada trimestre existe una semana de vacaciones, la diferencia entre la culminación y el inicio del ciclo escolar es de un mes. Por lo tanto, para calcular la producción anual del biogás en el primer año se toma en cuenta diez meses (al excluir vacaciones y proceso de producción inicial), mientras que en los años siguientes el ciclo será de 11 meses (excluyendo solamente vacaciones).

El mes se tomará de 20 días ya que aunque no se alimente el biodigestor durante el fin de semana, la producción de biogás es continua. Durante esos días el gas se acumula en la cámara de gas y el excedente se deja escapar. Lo mismo sucede en las semanas de vacaciones.

²² Ver cálculos en Anexo 6

Tabla 15: Producción de biogás

Año	Dosis (Ltrs)	Producción diaria (Ltrs)	Producción anual (Ltrs)
2010	30	2.75	550
2011	40	3.60	792
2012	50	4.58	1007.6
2013	50	4.58	1007.6
2014	50	4.58	1007.6

Fuente: Elaboración Propia

9.4.2 Comparación del poder calorífico GLP vs biogás

El poder calorífico del biogás es proporcional al nivel de metano, y el porcentaje de metano depende del material de fermentación. Generalmente el porcentaje de metano en el biogás es de 60%, sin embargo específicamente para los desechos de cocina (material de fermentación de este proyecto) el valor aproximado es de 50%.

Utilizando la siguiente tabla se puede realizar regla de tres para calcular el poder calorífico para un biogás compuesto por 50% de metano (CH₄), 50% de dióxido de carbono CO₂.

Tabla 16: Características de los gases combustibles

Clase de gas	Composición		Poder calorífico kcal/m ³	Densidad rel. Aire = 1 $\rho = 1.2\text{kg/m}^3$	Vel de la llama cm/s	Demanda de aire m ³ /m ³
	Componentes	%				
Metano	CH ₄	100	9500	0.554	43	9.5
Propano	C ₃ H ₈	100	23000	1.560	57	23.8
Butano	C ₄ H ₁₀	100	30000	2.077	45	30.9
Biogás	CH ₄ ; CO ₂	60; 40	5700	0.940	40	5.7

Fuente: Ludwing Sasse, "La planta de Biogás", Alemania, 1984.

Biogás 60; 40 – 5700

Biogás 50; 50 – X

X = 4750 kcal/m³

Se obtiene un valor de 4750 kcal/m³ para biogás con una composición de 50:50 de metano y dióxido de carbono.

El GLP comercial tiene un poder calorífico menor al del propano natural (22,000kcal/m³)²³, dado que está compuesto por otras sustancias que le dan un olor característico como medida de seguridad para detectar fugas.

9.4.3 Solventación de biogás

Tomando como base el valor de 22,000 kcal/m³ de poder calorífico de GLP, se relaciona con el valor en metro cubico de biogás para obtener el porcentaje que representa este último, se calcula de la siguiente manera:

22,000 kcal/m³ – 100%

4,750 kcal/m³ – x

x = 22%

El porcentaje obtenido representa el rendimiento del biogás con respecto al GLP, a partir de este rendimiento se determino la cantidad de gas (GLP) a solventar a través del uso de biogás.

²³ J Raúl Cantón y Lara ,Organización de consultores en protección civil, A.C, MÉXICO

Tabla 17: Solventación de GLP

Año	Demanda GLP Ltrs/año	Oferta biogás Ltrs/año	Solventación (ltrs glp/año)	Demanda real de GLP (Ltrs)
2010	1514	550	121	1393
2011	1907	792	174.24	1732.76
2012	2402	1007.6	221.672	2180.328
2013	2402	1007.6	221.672	2180.328
2014	2402	1007.6	221.672	2180.328

Fuente: Elaboración propia

La demanda real de GLP representa el consumo después de la utilización de biogás en la cocina. La Solventación no es significativa ya que la cantidad de desechos generados actualmente es insuficiente para cubrir en su totalidad la demanda de gas del centro.

9.4.4 Producción de bioabono

Durante el proceso de biodigestión existe una fracción de materia orgánica que no alcanza a ser fermentada, este tipo de materia es un abono orgánico natural que por ser un subproducto del proceso de biodigestión se conoce como bioabono.

Por característica éste abono es rico en nutrientes-los principales nutrientes son Nitrógeno, fosforo y potasio-que son esenciales para las plantas. También se caracteriza por estar libre de olores y patógenos, además es de fácil aplicación.

Su uso aporta una serie de ventajas las cuales constituyen:

- Formación de depósitos de nutrientes, y la capacidad de retención e infiltración del agua en el suelo.
- Mejoramiento de la estructura y la textura del terreno
- Incremento de la producción del suelo, en comparación con los suelos no abonados.

La Asociación Padre Fabretto, como antes se ha mencionado posee una finca en la que cultivan frutas y hortalizas. La producción de biabono vendría a dar un aporte significativo, se conoce que la asociación no incurre en la compra de abonos orgánicos ya que el gremio estudiantil ha elaborado abono artesanal utilizando ciertos desechos orgánicos. Sin embargo, los estudios indican que el efluente de los biodigestores tiene mayor poder fertilizante que la materia orgánica sin tratar, y proporciona mayores nutrientes, enriqueciendo el suelo y aumentando la producción de las cosechas.

Se determinó la cantidad de materia prima con la que se alimentará el sistema de biodigestión para los próximos cinco años, a partir de esta es posible calcular la cantidad bioabono que se obtendrá.

A continuación se presentan las cantidades de abono orgánico que es posible obtener de la producción de biogás:

Tabla 18: Cantidad de producción de Bioabono²⁴

Año	Cantidad cieno (Ltrs/día)	Cantidad de abono (Ltrs/día)	Cantidad de biabono (ltrs/año)
2010	32	30.19	6038
2011	40	37.74	7548
2012	50	47.18	9436
2013	50	47.18	9436
2014	50	47.18	9436

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior puede apreciarse la cantidad de abono diaria a obtenerse de la materia prima introducida al biodigestor; y puede observarse que se produce una porción de abono significativa. Sin embargo, debe considerarse que los cultivos no se abonan diariamente, por lo que es posible recolectar el abono hasta obtener la cantidad necesaria a utilizar en los cultivos.

²⁴ Ver Anexo 6 para cálculos

Aplicación

Una vez que el bioabono sale del biodigestor puede aplicarse inmediatamente en su forma líquida, o almacenarse en recipientes herméticos por un periodo de tiempo no muy prolongado, pues debe considerarse posibles pérdidas de su valor nutricional.

Dependiendo del estado, existen otras formas de utilizar el bioabono:

- Cuando el abono se composta, es decir se mezcla con tierra, tiene la ventaja de que el producto final es compacto en forma de tierra negra, lo que facilita su transporte y aplicación
- Cuando el abono pasa el proceso de secado tiene una pérdida casi total del nitrógeno orgánico, este abono se recomienda utilizar cuando la distancia de los cultivo es grande y difícil.

Recomendaciones para aplicar bioabono a los cultivos

- Puede emplearse en el terreno que ya ha sido arado, el fertilizante se aplica recién salido del biodigestor para regar los surco
- Antes de iniciar a sembrar, se pueden introducir las semillas o grano en una mezcla de 1 a 1 de fertilizante con agua por unas horas.
- En las planta en crecimiento, puede filtrar el fertilizante y fumigar las plantas con una mezcla de 1 parte de fertilizante y 4 de agua. Es conveniente fumigar cuando el fruto comienza a aparecer, pero nunca durante la floración, ya que podría llegar a afectar la planta.

Las dosis de aplicación del bioabono estarán en dependencia de terreno y el tipo de cultivo que se quiere abonar.

Para saber la dosis y la mejor forma de usar el bioabono, que puede ser por aplicación foliar o en el suelo, se recomienda consultar con el ingeniero agrónomo que atiende los cultivos en la finca.

Cuando se va a fumigar, se tiene que colar para no tapan la salida de las boquillas de la bomba de mochila y se debe diluir el bioabono con agua.

Existe otra aplicación no menos importante, para el uso del bioabono que es alimento para animales, ventaja que en años venideros beneficiará a la asociación pues tienen proyecto de crear una granja de animales.

9.5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN

En este capítulo se muestra un diseño del tipo del biodigestor a construir, indicando sus dimensiones y componentes. Se detallan las herramientas y materiales necesarios para la construcción e instalación del mismo. Así también se expresará de forma narrativa la construcción de distintas partes del sistema.

9.5.1 Diseño del sistema de biodigestión²⁵

El diseño que se propone es de desarrollo sencillo y económico. Para estructurarlo y determinar sus dimensiones se tomó en cuenta: cantidad y tipo de materia a digerir. Estas últimas permitieron determinar la capacidad volumétrica del sistema, por tanto se plantea la construcción de un biodigestor de cúpula flexible de 2m³ de volumen.

Las dimensiones del sistema se han determinado con la intención de seguir un parámetro sencillo de construcción de biodigestores de cúpula flexible. Considerando que para esta construcción el largo del digestor debe comprender la mayor de las dimensiones.

El diseño está compuesto por una estructura de concreto de dimensiones 1.85x1x1.10 metros (largo x ancho x profundo) cuyo volumen es igual al producto de sus dimensiones y una cubierta plástica de 2.7 metros de largo por 1.8 metros de ancho. A este diseño también se añaden instalaciones de tuberías y pequeñas cajas de concreto que permiten la carga y descarga de materia.

Se consideró la construcción de una estructura de concreto para el digestor, ya son infraestructuras de mayor resistencia y aportan una vida útil más prolongada al sistema.

Para mayor comprensión del diseño se detallan a continuación los componentes a construir e instalar y la función que desempeñan cada uno de estos en el sistema.

²⁵ Ver en Anexo 7: Diseño del Sistema de Biodigestión

- El digester: Tanque donde se almacena la materia prima para dar lugar al proceso de biodigestión. Según los cálculos realizados debe de poseer una capacidad de almacenamiento de 2m^3 .
- Cámara de acumulación de gas: Área donde se almacena el biogás producido. Esta es una cubierta plástica que se coloca en cima del digester.
- Área de carga de la materia prima: comprende un depósito donde se suministra el sustrato y un tubo de entrada que conduce la materia al tanque de almacenamiento
- Área de descarga de bioabono: comprende un tubo de descarga y un depósito donde se almacena el bioabono líquido expulsado en el proceso. El sustrato sólido debe ser retirado cada cierto período (que puede ser entre 6 meses a un año).
- Válvula de seguridad: Es un dispositivo que se instala para filtrar acumulación de agua. También se utiliza para dejar escapar el biogás que no está siendo utilizado, la mezcla del gas con el agua ayuda a que el metano pierda sus propiedades nocivas al medio ambiente.
- Agitador de mezcla: Es un dispositivo que se instálala para disolver las capas de materia que se forma dentro del digester. Es importante para uniformar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios "muertos" sin actividad biológica.
- Manómetro: es un dispositivo que se construirá artesanalmente y servirá para medir la presión del gas que sale del biodigester.

9.5.2 Materiales de construcción²⁶

Los materiales utilizados en la construcción del sistema de biodigestión son de fácil adquisición en el mercado nacional. Para determinar qué materiales y en qué cantidad utilizar en la construcción de la estructura de concreto se consultó con un Ingeniero Civil y un Maestro de obra, con el propósito de obtener datos más confiables. Los materiales utilizados en las instalaciones de tuberías fueron determinados por el grupo investigador, en dependencia de la experiencia que se adquirió en la construcción del prototipo del proyecto.

A continuación se detallan los materiales, cantidad a utilizar y una breve descripción del uso de los mismos en la construcción del biodigestor:

Tabla 19: Materiales de construcción

Materiales para Construcción de Estructura de Concreto			
Material	Cantidad	Unidad	Descripción
Bloques	20	unidades	Para hacer la fila de bloques en las cuales se introducen los pines o ganchos que sostienen el plástico.
Hierro 3/8	4	Varillas	Para sostener la fila de bloques y la viga corona.
Alambre de amarre	2	Lbs.	Para construir la viga corona.
Cemento	10	bolsas	Para hacer las filas de bloques y paredes del biodigestor.
Arena	2	Metros cúbicos	Para mezclar con el cemento y hacer las paredes y el piso del biodigestor.
Piedrín	1	Metros cúbicos	Para mezclar con el cemento y la arena para hacer las paredes y el piso.
Estribos de 3 elementos	20	unidades	Para construir la viga corona.
Regla de madera 12"x6vrs	5	unidades	Para hacer el relleno de las paredes y el piso.
Cuartones de madera 2x2	3	unidades	Para hacer el relleno de las paredes y el piso.

²⁶ Ver Anexo 8: Materiales de construcción

Materiales para la Instalación de Tuberías			
Material	Cantidad	Unidad	Descripción
Tubo PVC ½"	6	metros	Para hacer un marco cuadrado y llevar el biogás hasta la cocina donde se quemará.
Tubo PVC 6"	2	metros	Para hacer la tubería de entrada y salida de materia en el biodigestor.
Codos PVC ½"	4	unidades	Para realizar conexiones de la tubería.
Uniones T ½ "	3	unidades	Para realizar conexiones de la tubería.
Pega PVC	½	Galón	Para pegar la tubería PVC.
Válvula de globo	3	unidades	Para controlar el paso del biogás por la tubería.
Adaptadores Macho ½"	2	Unidades	Para realizar conexiones de la tubería.
Adaptadores Hembra ½"	2	unidades	Para realizar conexiones de la tubería.
Plástico especial para biodigestor calibre 8	4	Metros cuadrados	Para construir la bolsa donde se acumula el gas que produce el biodigestor.
Galones plásticas	5	Unidades	Para construir el agitador de mezcla. Para esto se llenan de arena hasta la mitad.
Soga	3	metros	Para construir el agitador de mezcla. Para tender las botellas de 2 litros.

9.5.3 Construcción del sistema de biodigestión

Ahora que se está familiarizado con el funcionamiento del biodigestor y se conocen los materiales que se utilizan en su construcción así como los componentes que los constituyen, se procederá a detallar las etapas de construcción del mismo.

9.5.3.1 Etapas de construcción

1. Excavación

Primeramente se cava una fosa de 1.35 metros de profundidad, donde los primeros 25 cm comprenderán dimensiones de 1.44 metros de ancho por 2.29 metros de largo, la profundidad restante tendrá medidas de 1.20 metros de ancho y 1.95 metros de largo. También se cavan los canales de 30 cm de ancho donde se introducirán las tuberías de entrada y salida de materia.

El canal de entrada de materia prima debe tener 45° de inclinación con respecto a la vertical del tanque. El canal de salida tendrá 30° de inclinación respecto vertical del tanque.

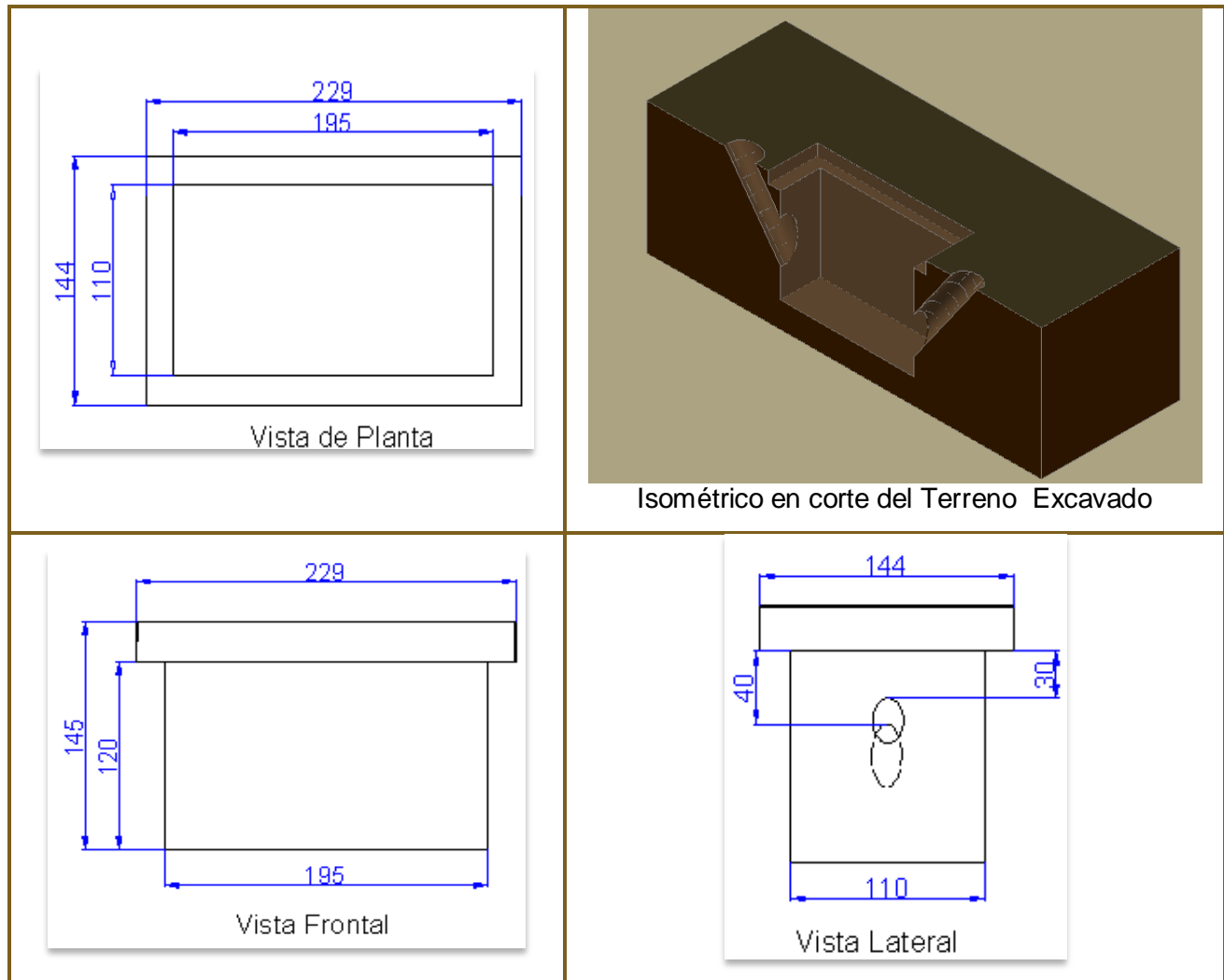


Figura 4: Dimensiones de Excavación del Terreno

2. Edificación

Se construyen las paredes del biodigestor utilizando una mezcla de cemento, arena y pedrín. Las paredes tendrán un grosor de 5 cm. Antes de verter la mezcla en las paredes debe introducirse la tubería de entrada y salida de materia.

A continuación se construyen una filas de bloques por la orilla de los 1.44 metros cuadrados, en la primera fila deben colocarse pines o ganchos por cada bloque, esto servirá para sostener la cámara de acumulación de gas.

En la construcción de la parte inferior de fila de bloques se coloca el agitador de mezcla, consiste en adaptar un tubo al que se le introduce una soga de las que tienden cinco galones plásticas llenos de arena. Este agitador servirá para mezclar el cieno de fermentación diariamente con el fin de evitar la formación de una película solida en la parte superior del cieno, el cual impide el escape del biogás.

Al finalizar los procedimientos anteriores se elabora el piso de cemento del biodigestor con un grosor de 10 cm.

También se construyen los depósitos de entrada de materia prima y salida de bioabono. El depósito de entrada está por encima del la tubería con dimensiones de 50 de largo, ancho y profundo, el depósito de salida está por debajo de la tubería con dimensiones de 50x50cm ancho, largo y 60cm de profundidad.



Figura 5: Tipo de Construcción correspondiente al sistema

3. Elaboración de componentes

Se construye la cámara de acumulación de gas, utilizando plástico especial, tubos y codos PVC. El plástico se corta en dimensiones de 2.7 x 1.8 metros, se marca una línea de 20 centímetros dentro del plástico y se cortan las cuatro esquinas del mismo. Las orillas de plásticos deben de pegarse en la raya de los 20 centímetros adentro.

Este procedimiento debe de formar depósitos en la orillas del plástico, en estos debe introducirse los tubos PVC y se unen con los codos. Luego se realiza un orificio en el plástico para colocar la tubería que conducirá el biogás.

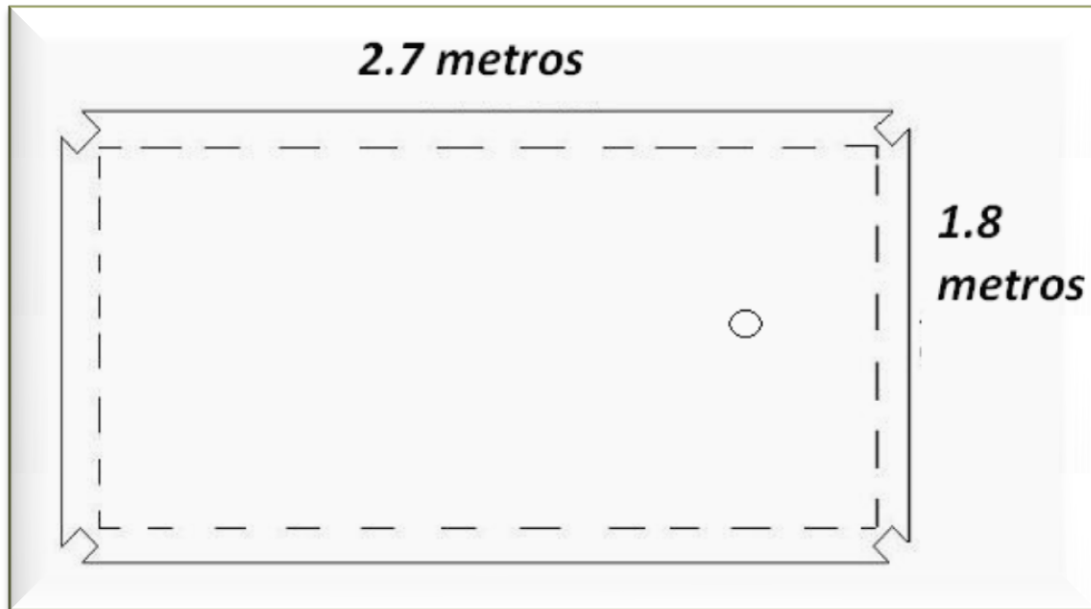


Figura 5: Dimensiones de la cubierta plástica

4. Instalación de tuberías

En el orificio que se abrió en el plástico se coloca adaptadores hembra y macho para conectar la tubería (30 cm tubo PVC) que saldrá del biodigestor. A los adaptadores debe colocarse arandelas que ayuden a evitar filtraciones de gas. Luego se coloca un codo para instalar la siguiente tubería (1 metro de tubo PVC) en la cual se situará un manómetro artesanal seguido de la válvula de seguridad. Después de la válvula de seguridad se coloca una llave de globo para permitir el paso del biogás y se añade tubo PVC que conduzca el biogás a la cocina.

Para realizar conexión de tubería a la cocina esta debe tener modificaciones en la entrada del gas. O bien construir un quemador para el uso del biogás.

Las modificaciones incluyen un aumento del diámetro de la tubería que la alimenta la cocina.

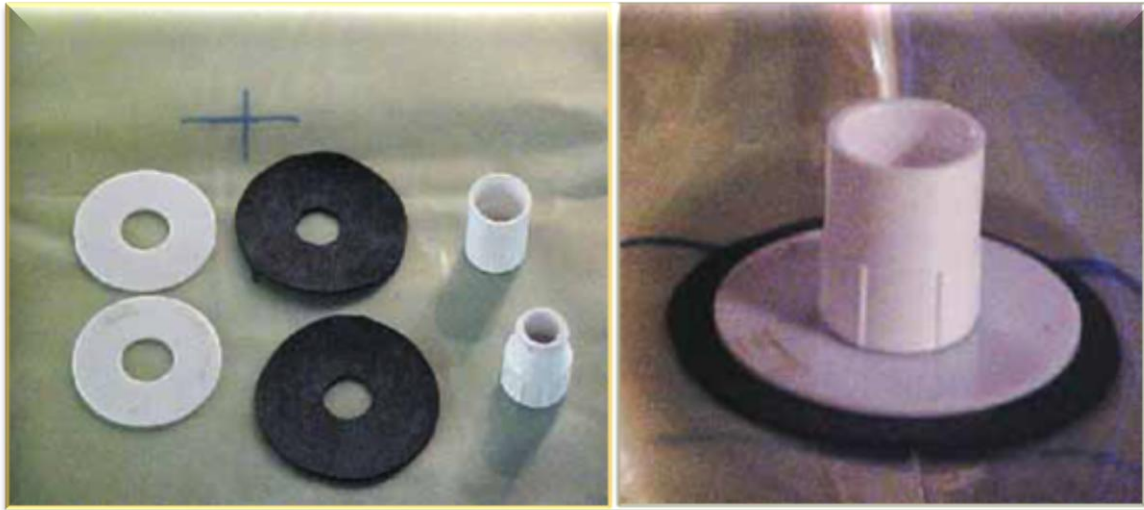


Figura 6: Tubería que sale de la cubierta plástica

5. Elaboración de piezas:

Manómetro artesanal: consiste en la unión en U de tuberías PVC, a la última de estas uniones se le coloca un pedazo de manguera transparente dentro de la tubería para poder medir el nivel del agua. Por ello debe de marcarse.

Para determinar la presión del gas se registra el aumento de la columna de agua, para eso el interior de la tubería del manómetro debe llenarse de agua para realizar la medición.



Figura7: Manómetro Artesanal

Válvula de seguridad: La válvula consiste en una botella plástica de 2 ½ litros con una abertura en la parte superior y cargada de agua hasta la mitad.



Figura 8: Válvula de seguridad

9.6 MANUAL DE USUARIO

9.6.1 Operación del sistema

Una vez terminada la construcción del sistema de biodigestor, el siguiente paso es poner en marcha el sistema para iniciar producción. Esta fase requiere de una serie de pasos y recomendaciones para realizarlo.

A continuación se presentan los pasos a tener en cuenta para la puesta en marcha del sistema:

9.6.1.1 Cómo alimentar el sistema de biodigestión?:

1. Medir la cantidad necesaria de materia prima a utilizar en la carga del biodigestor. La materia prima estará compuesta por una mezcla de agua y desechos orgánicos en una relación de 1:1.
Se ha indicado que ésta relación establece que a 1kg de desechos orgánicos corresponde 1 litro de agua. Sin embargo, si esta medición es complicada de realizar se recomienda que se utilice por unidad de medición un recipiente, donde un recipiente de materia orgánica corresponda a un recipiente de agua.
2. Verificar la frescura de la materia orgánica a suministrar al digestor, esto garantiza el rendimiento de la producción de biogás y evita la posibilidad de que la materia se acidifique. Las materias ácidas inhiben e incluso dañan las bacterias en el digestor evitando que se complete el proceso de producción de biogás.
3. Triturar la materia orgánica: existen ciertas materias que son más difíciles de degradar que otras. El proceso de trituración facilita que las materias liberen las sustancias utilizables en el proceso de generación de bacterias productoras de gas.

4. Cargar el biodigestor: una vez realizados los pasos anteriores se realiza la primera alimentación del sistema.
5. Mezcla del sustrato: cuando la materia prima esta dentro del biodigestor es recomendable removerla con el sistema de agitador construido.
6. Los cinco pasos anteriores se repetirán diariamente, al completar 40 días la producción de la primera carga de materia prima estará completada y disponible para ser utilizada. La carga del sistema no se detiene al cumplirse los 40 días, el proceso de alimentación diaria debe continuar así como continuara el proceso de producción de biogás.

9.6.1.2 Consideraciones para la alimentación del sistema

1. El proceso de biodigestión es complejo y largo, el cual puede ajustarse a pequeños cambios. Sin embargo, los cambios drásticos de materia prima deben evitarse y se debe tener cuidado en realizar la mezcla con las cantidades de agua recomendadas.
2. La materia prima puede ser homogenizada y mezclada antes de ser introducida al biodigestor, siempre que se mantengan la cantidad de mezcla recomendadas.
3. Los residuos o el sustrato (materia orgánica) debe estar libre de sólidos y otros materiales como arena, rocas y piedras. Materiales como residuos medicinales (antibióticos) detergentes, ácidos o bases, sustancias con elementos halógenos, etc., pueden ser nocivos para la acción de las bacterias anaerobias y no deben introducirse al digestor.
4. El gas generado en los primeros cinco días o en la primera semana después de iniciado el funcionamiento del sistema debe de ser liberado. Los expertos advierten que es un gas inservible ya que contiene muy poco metano y su liberación permite la acumulación de un gas más puro.

9.6.2 Uso del biogás

1. Antes de encender cualquier aparato compruebe que no existan fugas de gas.
2. El indicio de una fuga es el olor característico del biogás.
3. Al existir fuga de gas, ventile primero el lugar hasta que el olor haya desaparecido.
4. Antes de usar el gas verifique que hay gas en el digestor.

9.6.3 Mantenimiento

Para el sistema de biodigestión es conveniente la realización de tareas de mantenimiento como:

- Verificar semanalmente el nivel de agua en la válvula de seguridad.
- Se debe cubrir el digestor diariamente y asegurarse que el tubo de la salida no esté bloqueado.
- Inspeccionar filtraciones en el sistema para evitar la dilución excesiva de biogás.
- Asegurarse de realizar la descarga del biodigestor.
- En las partes donde la tubería tiene curva, es recomendable levantarla para que el agua producida por el vapor interno salga hacia la válvula de seguridad.
- Limpiar las cámaras de carga y descarga siempre que sea necesario, sin utilizar sustancias que inhiban la producción de biogás. Se recomienda limpiar utilizando solamente una escoba y agua.
- Durante el invierno, cubrir el sistema para evitar filtraciones de agua de lluvia.
- Inspeccionar el correcto funcionamiento del manómetro.

9.7 ASPECTOS MEDIO AMBIENTAL

De acuerdo con el decreto N°45-94 Art. 5²⁷ del Reglamento de Permiso y Evaluación del Impacto Ambiental publicado en la GACETA. El tipo de proyecto que se propone a través de este estudio monográfico, no requiere efectuar un estudio de impacto ambiental. Sin embargo, se decidió señalar los efectos que causaría éste proyecto en el medio ambiente.

El proyecto tiene por objetivo la construcción de un sistema de biodigestión para la producción de biogás. Con la construcción de estos tipos de sistemas es posible reducir el impacto ambiental que provocan los residuos orgánicos en el medio, cumpliendo con funciones ecológica muy importante como:

- Reducción y reciclaje de los desechos orgánicos

Aunque en el centro Domingo Savio se utiliza materia orgánica para abonar los cultivos, es poca la que es aprovechada y mucha la que causa molestias por su acumulación. Por tanto, con la construcción del biodigestor se aprovecha los desechos sólidos orgánicos para actividades más productivas reduciendo la exposición de estos desechos.

- Protección al suelo

De la actividad de biodigestión se producen lodos que son utilizados como abono orgánico, aportando nutrientes que fertilizan el suelo. La asociación posee terrenos de cultivos que pueden ser beneficiados con los subproductos de la digestión.

- Reducción de gases de efecto invernadero

La materia orgánica expuesta al ambiente en su estado natural, expulsa grandes cantidades de gas metano, uno de los más perjudiciales a la capa de ozono. Por tanto el aprovechamiento de esta materia en los sistemas de biodigestión constituye una actividad cuyo aporte medioambiental es netamente positivo. Es claro que no se

²⁷ Ver Anexo 9 de la publicación de reglamento de permiso y evaluación ambiental

resuelve el problema en su totalidad pero al llevar a cabo este proyecto, la Asociación Fabretto estará aportando a la protección del medio ambiente.

- Protección del Agua

Las fuentes de agua en su mayoría son contaminadas con grandes cantidades de desechos orgánicos, la utilización de estos tipos de desechos para fines más productivos contribuyen a la protección de estas fuentes.

- Mejoramiento de las condiciones higiénicas

El proceso de biodigestión permite la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas que se producen cuando los desechos orgánicos se vierten al medio ambiente sin control.

Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobrevive al proceso de biodigestión.

- Reducción de malos olores

Los desechos orgánicos emiten malos olores cuando se arrojan el medio ambiente. El proceso de biodigestión se realiza bajo condiciones anaeróbicas y en total hermeticidad evitando la emisión de malos olores al ambiente.

10. ANÁLISIS ECONÓMICO

10.1 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

10.1.1 Determinación de Costos

10.1.1.1 Costos de inversión

El estudio técnico ha revelado que la construcción del sistema de biodigestión requiere de cierta inversión. Cabe mencionar en este punto que las instalaciones estarían en la posibilidad de adaptarse a cualquier volumen de producción dentro del periodo de evaluación del proyecto.

El costo de la inversión de este proyecto será asumido por la administración de la Asociación Padre Fabretto. La asociación designa proyectos a sus estudiantes y están comprometidos a prestar su ayuda durante el desarrollo de la construcción del sistema de biodigestión. Por tal razón en este capítulo solo se detallara la mano de obra técnica que representa un costo directo en el proyecto. Asimismo se presentan los costos de las obras físicas.

La inversión requiere únicamente la construcción de obras físicas y el pago de la mano de obra que realizará el trabajo. El análisis económico se establece para un horizonte de evaluación de 5 años.

Obras físicas

Construcción del biodigestor, que incluye una estructura de concreto con una cubierta plástica e instalaciones de tuberías. Este tipo de estructuras se deprecia el 10% anualmente según de ley²⁸. Después de este período es posible rehabilitar el sistema realizando ciertas reparaciones y cambios. Sin embargo, estará en dependencia de la parte interesada recuperar las instalaciones.

Los materiales que se requieren han sido cotizados en el mercado nacional, cuyos costos más favorables se presentan a continuación. Estos precios incluyen el costo de transporte de los materiales al lugar de destino.

²⁸ Ver anexo 10 Ley de equidad fiscal 453, capítulo 2, art 57

Tabla 20: Costos de Materiales para Obras Físicas²⁹

Obras Físicas				
Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario C\$	Costo Total C\$
Bloques (40x20x12 cm)	20	unidades	7	140
Hierro 3/8	4	Varillas	53.5	214
Alambre de amarre	2	Lbs.	15	30
Cemento	10	bolsas	165	1650
Arena	2	Metros ³	300	600
Piedrín	1	Metros ³	200	200
Estribos de 3 elementos	100	unidades	1.5	150
Tabla de madera 12"x6 vrs	5	unidades	237	1185
Cuartones de madera 2x2	3	unidades	69	207
Tubo PVC ½"	1	unidad de 6 mtrs	29.33	29.33
Tubo PVC 6"	1	unidad de 6 mtrs	502	502
Codos PVC ½"	4	unidades	3.52	14.08
Uniones T ½ "	3	unidades	4.5	13.5
Pega PVC	0.25	Galón	121	30.25
Válvula de globo/ Llave de paso	3	unidades	84.99	254.97
Adaptadores Macho ½"	2	Unidades	2.54	5.08
Adaptadores Hembra ½"	2	unidades	2.85	5.7
Plástico especial para biodigestor calibre 8	3	Metros ²	206	618
Soga	3	metros		60
			Subtotal	5908.91
			IVA	886.34
			Total	6795.25

Fuente: Elaboración Propia

²⁹ Ver Anexo 11: Proformas

También se incluyen los gastos incurridos en una caseta que sirve para proteger las instalaciones del sistema. Los materiales a utilizar se detallan a continuación.

Tabla 21: Costos de Materiales para Caseta

Materiales	cantidad	Precio unitario(C\$)	Costo total(C\$)
zinc	2 laminas	280.90	561.8
Clavos 4"	1 libra	21.20	21.20
	TOTAL		583

La caseta requiere madera para sostener el techo; sin embargo, éste material no se incluye porque la madera utilizada en los trabajos de albañilería puede ser ocupada para la construcción.

Mano de obra

La mano de obra técnica (profesional) se empleará únicamente en la estructura de concreto del sistema, ya que es requerida para asegurar el buen funcionamiento del mismo.

El costo de la mano de obra incluirá la contratación de un maestro de obra y un ayudante de albañilería, requiriendo de un día de trabajo completo³⁰ para su edificación. El costo asociado a este trabajo asciende a los **3500 córdobas**, según cotizaciones realizadas.

Otros costos

También se incurrirá en la compra de materiales para la manipulación de materia prima, inicialmente se incluye la compra de recipientes y guantes. Estos materiales serán renovados cada año en la misma cantidad, por tanto se incluirá el costo de éstos mismo para los siguientes años de evaluación del proyecto.

³⁰ Esta información fue indicada por el maestro de obra consultado.

Tabla 22: Otros costos

Materiales para Manipulación de Materia Prima			
Materiales	cantidad	Precio unitario(C\$)	Costo total(C\$)
Recipientes Plástico	3	50	150
Guantes de hule	8	15	120
TOTAL			220

Fuente: Elaboración Propia

Costo total de inversión

Tabla 23: Costos totales de inversión.

Inversión (C\$)	
Obras físicas	7379
Mano de obra	3500
Otros costos	220
Total	11099

Fuente: Elaboración Propia

10.1.1.2 Costos de Producción

Materia prima

La materia prima la constituirán los desechos orgánicos y el agua necesaria para la mezcla del cieno de fermentación.

Dado que los desechos orgánicos son generados en la cocina del centro, este costo se considera nulo. Hasta ahora estos desechos representan un problema ya que se acumulan en espacios abiertos a lo largo del centro. Por esta razón en lugar de constituir un costo, es un beneficio agregado.

Por otro lado el costo del agua es cobrado a la institución como cuota fija de 100C\$ mensual por ser una zona rural. Este es el único costo de materia prima en el que se incurrirá.

Se asumirá que un 5% de la cuota fija que se paga corresponderá al uso de agua para la producción de biogás.

Para analizar la variación de precios del agua se tomo como base el porcentaje de inflación proyectado³¹ anualmente durante el período de evaluación de proyecto. A continuación se presentan los costos asociados al pago de agua para los próximos cinco años.

Tabla-24: Costos Asociados a la Materia Prima

Costos por consumo de Agua					
Año	2010	2011	2012	2013	2014
Costo C\$/año	60	67.93	77.68	89.66	104.41

Fuente: Elaboración Propia

Los costos relacionados a la manipulación de la materia prima también fueron calculados utilizando los datos de inflación proyectados, a continuación se presentan los costos relacionados a la manipulación de materia para los años de evaluación del proyecto:

Tabla-25: Costos por manipulación de Materia

Costos Asociados a la Manipulación de la Materia					
Año	2010	2011	2012	2013	2014
Costo C\$/año	220	249.06	284.81	328.77	382.84

Fuente: Elaboración Propia

Mano de obra

La intervención humana se requiere durante la carga y descarga del biodigestor. Ambas labores pueden ser realizadas por estudiantes o personal de la cocina, ya que no implica ningún tipo de especialización para llevarse a cabo. Por ende este costo también se considera nulo.

³¹ Ver en Anexo 12: Resultado de las proyecciones de inflación (a través del método de los mínimos cuadrados), calculo de precios del agua y costos relacionados a la manipulación de materia.

Mantenimiento

Los trabajos de mantenimiento fueron detallados en el manual de usuario, estos no requieren de trabajos complicados ni mano de obra experta. Por tanto pueden ser asignados a estudiantes o personal de cocina sin que representen un costo directo.

10.1.1.3 Depreciación

El único activo a depreciar será el sistema de biodigestión, tomando en cuenta el costo de inversión del mismo 7379 C\$ y una depreciación anual del 10%.

Sistema de biodigestión: $7379 * 10\% = 737.9 \text{ C\$/Año}$

Recuperación de activos

Recuperación de activos = (valor mercado – valor libro) $(1-IR^{32})$ + valor libro

Valor libro= inversión – (depreciación *n)

El valor de mercado del activo se considera igual al valor en libro.

$$VL = 7379 - (737.9 * 5) = 3689.5C\$$$

$$R.\text{Activo} = (0) + 3689.5 = 3689.5C\$$$

³² Por ser una institución sin fines de lucro, la Asociación Padre Fabretto está exenta de IR, Ver Anexo 11

10.1.2 Determinación de Ahorros

10.1.2.1 BIOGÁS

Para determinar el ahorro en correspondencia al consumo de biogás, se realizó un análisis de precios. El análisis nos permitió proyectar el precio de GLP en litros para los próximos cinco años.

Análisis de precio

Para realizar proyecciones de precio se utilizó el método de los mínimos cuadrados, el modelo³³ (ecuación) que proporcionó el coeficiente de determinación más ajustado denota el pronóstico más confiable. Para realizar cálculos de proyecciones se utilizó como variable dependiente precios promedio GLP al año y como variable independiente el número de años.

La siguiente tabla muestra los precios promedios de GLP en el país en los últimos seis años.

Tabla 26: Precio promedios de GLP a granel

Año	N (x)	Precio (y) (C\$/Litros)
2004	1	9.074
2005	2	10.17
2006	3	10.43
2007	4	10.975
2008	5	11.77
2009	6	13.03

Fuente: INE

En relación a los resultados obtenidos, se determinó que la ecuación que proporciona el mejor ajuste (coeficiente de determinación R^2) es la **lineal**, por lo que se concluyó que las proyecciones de demanda más confiable se obtendrán a partir de los precios de esta ecuación.

³³ Ver en Anexo 13: proyecciones de precio de GLP

Tabla 27: Proyecciones de Precios

Años	Precios (C\$/Litros)
2010	13.64
2011	14.56
2012	15.55
2013	16.61
2014	17.73

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los precios proyectados se calcularon los ingresos en concepto de ahorro, para ello se multiplica la Solventación de GLP por el precio del mismo. Ya que se ha establecido una equivalencia en cuanto al rendimiento de GLP y biogás.

Tabla 28: Ahorros Anuales por Consumo de Biogás

AHORRO POR BIOGÁS					
Años	2010	2011	2012	2013	2014
Solventación GLP (Ltrs/año)	121	174.24	221.67	221.67	221.67
Precio C\$/Ltrs	13.64	14.56	15.56	16.61	17.73
C\$/Anual	1650.44	2436.93	3446.99	3681.97	3930.24

Fuente: Elaboración Propia

10.1.3 Estado de Resultados

En este estado de resultados no se incluirá el IR (Impuesto sobre la renta), ya que la Asociación es una organización sin fines de lucro por tanto está exenta del pago de impuestos.

Tabla 29: Estado de resultado del Proyecto

ESTADO DE RESULTADOS						
Año	0	1	2	3	4	5
Ahorro (Biogas)		1650.44	2536.93	3446.99	3681.97	3930.24
Costo MP(-)		60	67.93	77.68	89.66	104.41
CIF (-)			249.06	284.81	328.77	382.84
Depreciacion (-)		737.90	737.90	737.90	737.90	737.90
UTI		632.54	1482.04	2346.61	2525.61	2705.09
Depreciacion (+)		737.90	737.90	737.90	737.90	737.90
Recuperacion de Activo						3689.50
Inversión	11099					
FNE		1590.44	2219.94	3084.51	3263.54	7132.49

En este proyecto se estableció una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) de 10%, esta tasa se estableció ya que la asociación no espera recibir una ganancia cuantiosa de un proyecto social. Sin embargo, el objetivo es obtener un ahorro en los gastos de GLP anuales, por lo que la TMAR propuesta es la tasa mínima de ahorro que se espera. A partir de esta tasa se calcula el valor presente neto (VPN) del proyecto; este cálculo sirvió de base para decidir la factibilidad del mismo. En este caso el VPN representa el ahorro más allá de la inversión inicial.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5}$$

$$VPN = -(11099C\$)+12,255.72 C\$$$

$$\mathbf{VPN= 1,156.72C\$}$$

El VPN de la evaluación del proyecto es positivo, lo que indica que habrá beneficios más allá de haber recuperado el dinero invertido y que debe aceptarse la inversión.

Ahora se procederá a calcular la tasa interna de retorno (TIR), que hace que la suma de los flujos netos descontados sea igual a la inversión inicial.

Para determinar ésta tasa se interpolan los datos positivos obtenidos en el estado de resultados y datos negativos que pueden obtenerse al aumentar la TMAR. La tasa porcentual que haga que el VPN sea igual a cero representa la TIR.

Tabla 30:-Determinación de la TIR

TMAR	VPN(C\$)	TIR
10%	1156.72	
	0	13.66%
20%	-2006.75	

Fuente: Elaboración Propia

La tasa interna de descuento es de 13.66% mayor a la tasa mínima aceptable de rendimiento (TIR > TMAR), este resultado expresa que la inversión del proyecto puede ser aceptada.

Plazo de recuperación

El plazo de recuperación es el tiempo que debe pasar para recuperar la inversión realizada para la construcción del sistema de biodigestión.

Tabla 31:-Plazo de Recuperación

PLAZO DE RECUPERACION		
Año	VNA	VNP
1	1,445.85	-9,653.15
2	3,280.52	-7,818.48
3	5,597.96	-5,501.04
4	7,827.00	-3,272.00
5	12,255.72	1,156.72

Fuente: Elaboración Propia

El valor positivo en el quinto año indica que al cabo de ese periodo es posible la recuperación total de la inversión hecha en el proyecto. La inversión se recupera exactamente en cuatro años y siete meses. (Interpolando los valores positivos y negativos de la tabla de plazo de recuperación)

10.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se observa que el desarrollo del proyecto es conveniente para la Centro Domingo Savio, dado el valor positivo del VPN que se obtiene a partir de la comparación de beneficios y costos. Sin embargo, existe la necesidad de despejar algunas dudas con relación a ciertas variables que generan incertidumbre, dado que no está en las manos de los gestores del proyecto decidir el valor de las mismas sino que se determinan en el desarrollo del mismo, por lo tanto es necesario ver cuál es el comportamiento del VPN cuando cada una de estas variables no presenta el valor esperado.

El análisis de sensibilidad nos permite examinar como el cambio de una o más variable afecta un resultado. En primer lugar es importante conocer las variables críticas (variables que crean incertidumbre) que permitan analizar un resultado bajo distintas condiciones.

10.2.1 Identificación de las variables que generan incertidumbre

Las variables que se muestran a continuación, son las que generan incertidumbre, respecto al valor que tomará el VPN, esto quiere decir que el cambio en los valores de estas variables va a generar cambios en el VPN.

Variables de incertidumbre.

1. Ahorro por consumo de biogás
2. Costos anuales, durante el horizonte de evaluación del proyecto.

Para examinar la sensibilidad de estas variables se han establecido las siguientes situaciones:

- Disminución de materia prima generada en el centro, esta situación trae consigo una reducción en los ahorros que se pretende percibir por consumo de biogás.
- Aumento en los costos anuales derivado de producción de biogás, considerando el pago de la materia prima y el pago de la mano de obra que interviene en la producción.
- Para ambas situaciones se estableció que no exista variación en la inversión.

Para cada una de las variables y sus situaciones se han considerado un rango en el que estas pueden fluctuar. Este análisis nos permite determinar la sensibilidad de una variable ante condiciones críticas.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de ahorros y costos fluctuados en rangos de porcentajes.

El rango de los costos corresponden al nivel de aumento que estos pueden experimentar y el rango de ahorros corresponden al nivel de disminución que puede alcanzar esta variable.

Tabla 32: Rango de fluctuaciones - Variables que afectan el VPN

SENSIBILIDAD DEL VPN		COSTOS		
		0%	5%	10%
AHORROS	0%	1156.72	1097.86	1039.00
	-5%	599.65	540.76	481.90
	-10%	42.51	-16.35	-75.21

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior muestra los valores que toma el VPN al fluctuar los valores de los costos y ahorros en rangos de porcentajes. Al analizar los datos obtenidos se puede concluir que cuando los ahorros disminuyen en un 10% y los costos aumentan en un 5%, la situación del proyecto se coloca crítica.

Sin embargo, si los ahorros disminuyen en un 5% y junto a esto aumentan los costo el VPN muestra un valor positivo, lo significa que aun después de fluctuar a un valor mínimo el proyecto en horizonte de evaluación tiene factibilidad.

11. CONCLUSIONES

Al concluir el estudio de prefactibilidad para la construcción de un sistema de biodigestión en Centro Domingo Savio de la Asociación Padre Fabretto, se determinó que la puesta en marcha del proyecto es técnica y económicamente viable.

El estudio técnico reveló que con la cantidad y tipo de materia orgánica (que en su mayoría son frutas y vegetales) generada en el comedor del Centro Domingo Savio es posible la producción de biogás; sin embargo, se concluyó que el nivel de producción logra solamente solventar de un 8% a un 15% la demanda de GLP, durante el período de evaluación del proyecto.

En este estudio también se estructuró un diseño de construcción óptimo para el sistema de biodigestión, a través de especificaciones de volumen e infraestructura. Estas especificaciones contemplan la construcción de un biodigestor de cúpula flexible de 2 metros cúbicos como capacidad de almacenamiento. Se estableció que el material más adecuado para la construcción es una estructura de concreto con una cubierta plástica, ya que se consideran materiales de mayor resistencia y lo que se pretende es asegurar la durabilidad de la obra y evitar filtraciones en el sistema.

Los resultados obtenidos en el estudio financiero permiten concluir que existen posibilidades reales de conseguir ahorros a través de la producción de biogás. El estudio manifiesta que la inversión requerida para este proyecto es de 11099C\$ recuperable en un periodo de tres años y seis meses. El VPN del proyecto es de 1156.72C\$ lo que indica que existen beneficios más allá de recuperar la inversión. La tasa interna de retorno (TIR) es de 13.66% y la Tasa mínima de ahorro es 10%; la TIR expresa el valor porcentual más alto de ambas tasas lo que indica que es aceptada la puesta en marcha del proyecto.

12. RECOMENDACIONES

- La producción de biogás puede solventar una pequeña parte del consumo de GLP de la cocina del centro. Por esta razón se recomienda utilizar el biogás para preparar alimentos que requieran poca cocción o bien, en el horno para preparación de pan.
- Se recomienda utilizar el bioabono en los cultivos de la finca del centro, así como en el huerto. Este subproducto es un valor agregado del proyecto, dado que es un residuo del proceso de biodigestión. Las propiedades del bioabono representan un gran beneficio para los cultivos de frutas y hortalizas ya que es uno de los mejores fertilizantes.
- Antes de utilizar el bioabono en los cultivos, se sugiere consultar la manera más adecuada de aplicación del mismo con el ingeniero agrónomo responsable de la finca. Esto garantizará un mejor aprovechamiento.
- Este proyecto de estudio está orientado a la producción de biogás y su aprovechamiento, sin embargo en el proceso se observa que el bioabono como subproducto representa una fuente de ahorro económico. Por tal razón, se sugiere un estudio en el cual se analicen las propiedades del bioabono, a partir de cual se podrá determinar el ahorro que su uso representa en comparación a otros fertilizantes.
- Dado que la producción de bioabono es considerable, se convierte en una oportunidad para iniciar un estudio de cómo su uso afecta la producción agrícola. Este estudio comparará el rendimiento de producción en cultivos a partir del uso de abono convencional y bioabono.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Arvizu F. José. "*Biogás de Rellenos Sanitarios para Producción de Electricidad*". En: Boletín IIE, Octubre 2003
- BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT ENCARTA 2002. "*BIOGÁS*" 1993-2001 MICROSOFT CORPORATION.
- BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT ENCARTA 2002. "*ENERGÍA RENOVABLE*" 1993-2001 MICROSOFT CORPORATION.
- Conil Philippe. "*El Aprovechamiento Del Biogás de las Lagunas de Palma: Perfil del Proyecto Palmeras en TUMACO*". Colombia 1999. disponible en: <http://www.bio-tec.net>
- Hilbert J.A, et al. "*Software para la evaluación de técnica económica financiera de biodigestores rurales*". disponible en: <http://www.softplus.net>
- Hilbert Jorge A .Instituto de Energía Rural. "*Congreso: Producción sustentable de biomasa*" Argentina 20 y 21 de Septiembre 2006, disponible en: <http://www.inta.gov.ar>
- Moncayo Romero Gabriel "*Digestión Anaeróbica y Diseño De Biodigestores*" Ecuador marzo 2005.
- Pereira José Luís. "*Producción de energía eléctrica a partir de residuos orgánicos*" Revista Infotigre 1de julio 20008.
- Ruiz Rivas Hernando Ulpiano, Universidad Carlos III de Madrid. "*Conferencia: Energía para un desarrollo sostenible*" Managua 3-7 Diciembre 2007
- Santalla Estela, Blanco Gabriel. Universidad de argentina."Gestión De Residuos Orgánicos en la Producción de Animales y MDL ". Bolsa De Comercio. Buenos aires 4 agosto 2006.

14. ANEXOS

Anexo 1: Entrevista a personal de la cocina.

Fecha: 9 de Mayo de 2009

Nombre: Celina Sánchez Marín

Cargo: Responsable de Cocina

Preguntas:

1. ¿Para cuantas personas cocinan en el centro diariamente?
Aproximadamente para 200 personas, entre estudiante, profesores y personal administrativo. También se le da comida a una familia que cuida la finca del centro.
2. ¿Qué tipo de comida cocinan regularmente?
Nosotras aquí nos guiamos por un menú que elaboró la administración de la Asociación. Así que no cocinamos lo que queremos.
3. ¿Siempre se guían por el menú o existe otra variante?
Siempre cocinamos con el menú, pero si tenemos disponible frutas o verduras de temporadas producidas en la finca del centro que no están en el menú, las utilizamos.
4. ¿El menú existente detalla cantidades exactas o puede variar?
Si las detalla. No podemos variar las cantidades, porque el menú también existe para controlar el consumo de los ingredientes mensual. La provisión nos la dan pesada.
5. ¿Dónde depositan los desechos que se generan en la cocina?
En un antiguo sumidero que está cerca del lavadero frente al comedor, pero algunas veces los desechos se los llevan los muchachos para hacer abono. Y las sobras que quedan después de almuerzo se llevan al sumidero también.

Anexo 2: Valoración del sitio de construcción

Para determinar qué espacio es el óptimo para construir el sistema de biodigestión, se realizará una evaluación cualitativa de los sitios disponibles dentro del centro "Domingo Savio".

La evaluación consistirá en dar puntuación a las condiciones de un sitio específico, según su nivel de cumplimiento.

El espacio que cumpla al máximo la condición evaluada recibirá un puntaje de uno (1).

El espacio que cumpla en un mínimo la condición evaluada recibirá una puntuación de un medio (1/2).

El espacio que en definitiva no cumpla con las exigencias establecidas se le dará un puntaje de cero (0).

Se sumaran las condiciones de cada espacio y la condición que mayor puntaje en razón a su cumplimiento reciba será la seleccionada.

En cada columna se mostrarán las condiciones que cada sitio debe cumplir y en las filas se mostrarán los sitios que están siendo evaluados.

Condiciones

- A. Proximidad al lugar donde se consumirá el gas (la cocina).
- B. Cercanía al lugar donde se recoge la materia prima.
- C. Alejado de cualquier fuente de agua.
- D. Ubicado en un espacio con temperatura relativamente estable.

Sitios

- I. *Atrás de la ubicación de la cocina, en el mismo espacio donde se encuentra el tanque de GLP. Sin embargo es un espacio reducido ubicado:*
 - A 1 metros de la cocina.
 - A 8 metros de lugar donde se recogen la materia.
 - A 25 metros de la primera fuente de agua potable.
 - A temperatura entre los 27-36°C.

- II. Al lado derecho de la cocina, espacio que mide alrededor 4 metros de largo y tres de ancho. En este espacio se ubica un huerto
- A 5 metros de la cocina
 - A 3 metros de lugar donde se recogen la materia
 - A 30 metros de la primera fuente de agua potable
 - A temperatura entre los 27-36°C
- III. Al lado izquierdo de la cocina, espacio de deportes para los jóvenes del centro, dividido de la cocina por el único paso de peatones, ubicado:
- A 7 metros de la cocina
 - A 6 metros de lugar donde se recogen la materia
 - A 20 metros de la primera fuente de agua potable
 - A temperatura entre los 27-36°C

Tabla 1: Evaluación del sitio óptimo para construcción del sistema

Sitio	Condiciones				ΣFinal
	A	B	C	D	
I	1	0.5	0.5	1	3
II	1	1	1	1	4
III	0	0.5	0.5	1	2

Fuente: Elaboración Propia

El sitio que mayor puntaje revela es el II, espacio ubicado en el huerto del centro. Cumple en gran medida con todas las condiciones planteadas para la elección del sitio de la construcción.

Ilustración de sitios de evaluación para construcción.



Ilustración 1: sitio III



Ilustración 2: Sitio I



Ilustración 3: sitio II



Ilustración 4: sitio II



Ilustración 5: Sitio II

Anexo 3: Tipo de Biodigestores

Tabla 2: Tipo de biodigestores según el régimen de alimentación

Tipo de biodigestor	Características	Tipo de construcción más sencillas	
		Biodigestor	Características
Batch	<ul style="list-style-type: none"> son cargadas una vez y vaciadas por completo después de un tiempo de retención fijado 	A. Cúpula flexible	A1. Bajo costo de construcción A2. Materiales sencillos A3. Facilidad de operación A4. Alto nivel de temperatura interna
Continua	<ul style="list-style-type: none"> Son cargadas y descargadas en forma periódica, por lo general, todos los días. Son más apropiadas para uso domiciliar La producción de gas es uniforme y mayor que en las de batch 	B. Campana flotante C. Cúpula fija	B1. Altos costos de construcción B2. Materiales más complejos B3. Mayores trabajos de mto C1. Bajo costo de construcción C2. Manejo complicado C3. Bajas temperaturas de fermentación dentro del sistema C4. Requiere de supervisión técnica especializada continua

Fuente1: Elaboración Propia³⁴

³⁴ Compilación de una serie de Bibliografías consultadas.

Ilustración de tipo de biodigestores



Ilustración 1: Biodigestor Tubular o Salchicha

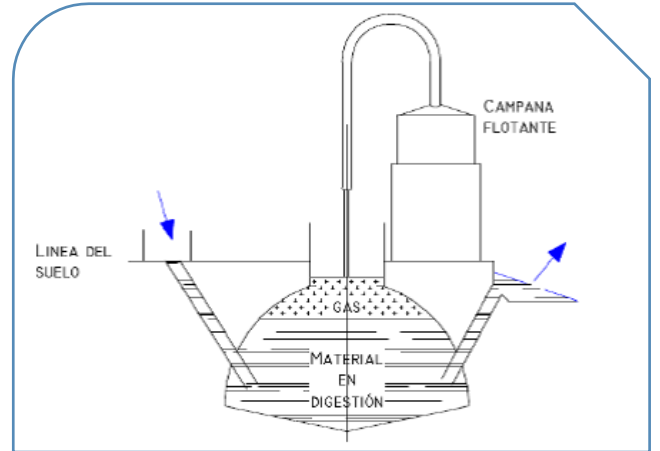


Ilustración 2: Biodigestor de Campana Flotante



Ilustración 3: Campana flotante



Ilustración 4: biodigestor de cúpula fija



Ilustración 5: Planta de Biodigestores AQUALIMPIA



Ilustración 6: Biodigestor UASB BIOTEC

Anexo 4: Memorias de Construcción prototipo del proyecto

Material y Métodos



Ilustración 1: Materiales



Ilustración 2: Partes del Prototipo



Ilustración 3: Recepción de materia orgánica



Ilustración 4: Preparación de Materia Prima



Ilustración 5: Trituración de materia prima

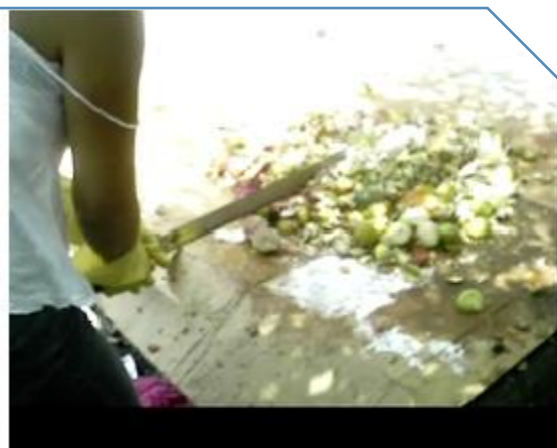




Ilustración 6: Carga del Biodigestor

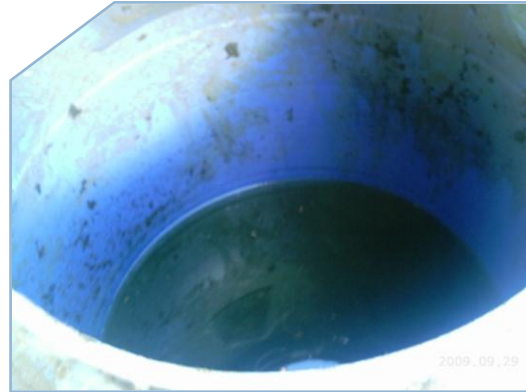


Ilustración 7: Cieno de Fermentación



Ilustración 8: Sellado de Tuberías



Ilustración 9: Sellado del sistema



Ilustración 10: Grupo Investigador y Prototipo del Proyecto

Anexo 5: Producción de Metano de Desechos Animales

Para la alimentación de biodigestores se tiene en primer lugar el uso de estiércol de animales. En base a los resultados obtenidos en los biodigestores instalados que se encuentran en operación se recomienda el uso de estiércol de:

- Cerdos
- Ganado vacunos
- Caballos
- Ovejas
- Aves
- Conejos, cuyes
- Humanos

Tabla 3: Producción de metano según el tipo de sustrato

Producción de Bioqás tipos de estiércol/sustrato	
Tipo de estiércol	Metano (%)
Cerdo	70
Ganado lechero	65
Caballo	65
Ovejas	70
Pollos	65-70
Gansos	65-70
Humano	70

Fuente: Ing. Gabriel Moncayo Romero, *Digestión Anaeróbica y Diseño de biodigestores*, Ecuador 2005

Anexo 6: Cálculos

Los datos utilizados en los siguientes cálculos fueron recopilados de "Evaluación de cuatro sustratos orgánicos para la producción de biogás y bioabono mediante un proceso de digestión anaeróbica en Puerto Quito, Pichincha". Viracucha P., Javier, Suquilanda V., Manuel.

Según el experimento diseñado por la bibliografía, los desechos de cocina producen menos biogás que otros sustratos. A continuación se presentan los resultados experimentales para distintas dosis de aplicación:

CUADRO 2. Promedios y pruebas de significación para seis variables en la evaluación de sustratos orgánicos.

FACTOR	Promedios			
	Biogás litros/40 días	Biosol litros/40 días)	Biol 80litros/40 días)	Presión biogás (mm H ₂ O)
Sustratos (S)	*	*	*	*
s1 Estiércol porcino	4.467 a	11.93 b	38.07 b	3.06 a
s2 Estiércol bovino	3.626 b	9.50 c	40.05 a	2.61 b
s3 Desechos cocina	2.338 b	15.71 a	34.29 c	1.93 c
s4 Mezcla	3.109 c	13.07 b	36.93 b	2.36 b
Comparaciones Ortogonales	**	**	**	**
s4 - s1s2s3	3.109 b - 3.477 a	13.07 - 12.38	36.93-24.52	2.36 a - 2.53 a
s3 - s1s2	2.338 b - 2.698 a	15.71 - 10.71	34.29-39.28	1.93 b - 2.83 a
s1 - s2	4.467 a - 3.626 b	11.93 a - 9.50 b	38.07a- 40.50b	3.06 a - 2.61 b
Dosis (D)				
d1 20 l				
d2 25 l				
d3 30 l				
d4 35 l				
s1d1	3.76	8.73	31.27	2.76
s1d2	4.61	11.90	38.10	3.11
s1d3	5.34	15.17	44.83	3.31
s1d4	6.14	18.17	48.12	2.73
s2d1	3.42	6.98	33.02	2.58
s2d2	3.61	8.63	41.37	2.51
s2d3	3.85	12.88	47.12	1.88
s2d4	4.21	16.57		
s3d1	2.00	10.73	59.17	2.04
s3d2	2.36	15.57	29.27	1.88
s3d3	2.75	20.83	34.43	2.39
s3d4	3.23	23.88	39.17	2.05
s4d1	2.52	8.92	43.39	2.63
s4d2	3.57	13.47	31.08	2.08
s4d3	4.01	16.83	36.53	3.02
s4d4	4.41	20.73	43.17	2.02

Puerto Quito, Pichincha. 2007.

Los datos marcados en amarillos muestran la producción de biogás para distintas cantidades de sustratos.

Los datos del experimento reflejan que por el aumento de cinco litros de sustrato en dosis de aplicación, en promedio se producen 0.41 litro de biogás adicional.

Cálculos de producción de biogás:

El biodigestor a construir en la Asociación tendrá una capacidad de 2000 Ltrs, con una dosis máxima de alimentación diaria de 50 ltrs de cieno de fermentación, y está diseñado para producir biogás con un tiempo de retención de 40 días.

Biodigestor, dosis 30 ltrs – 2.75 ltrs de biogás

Biodigestor, dosis 50 ltrs – X

X = 4.58 ltrs de biogás

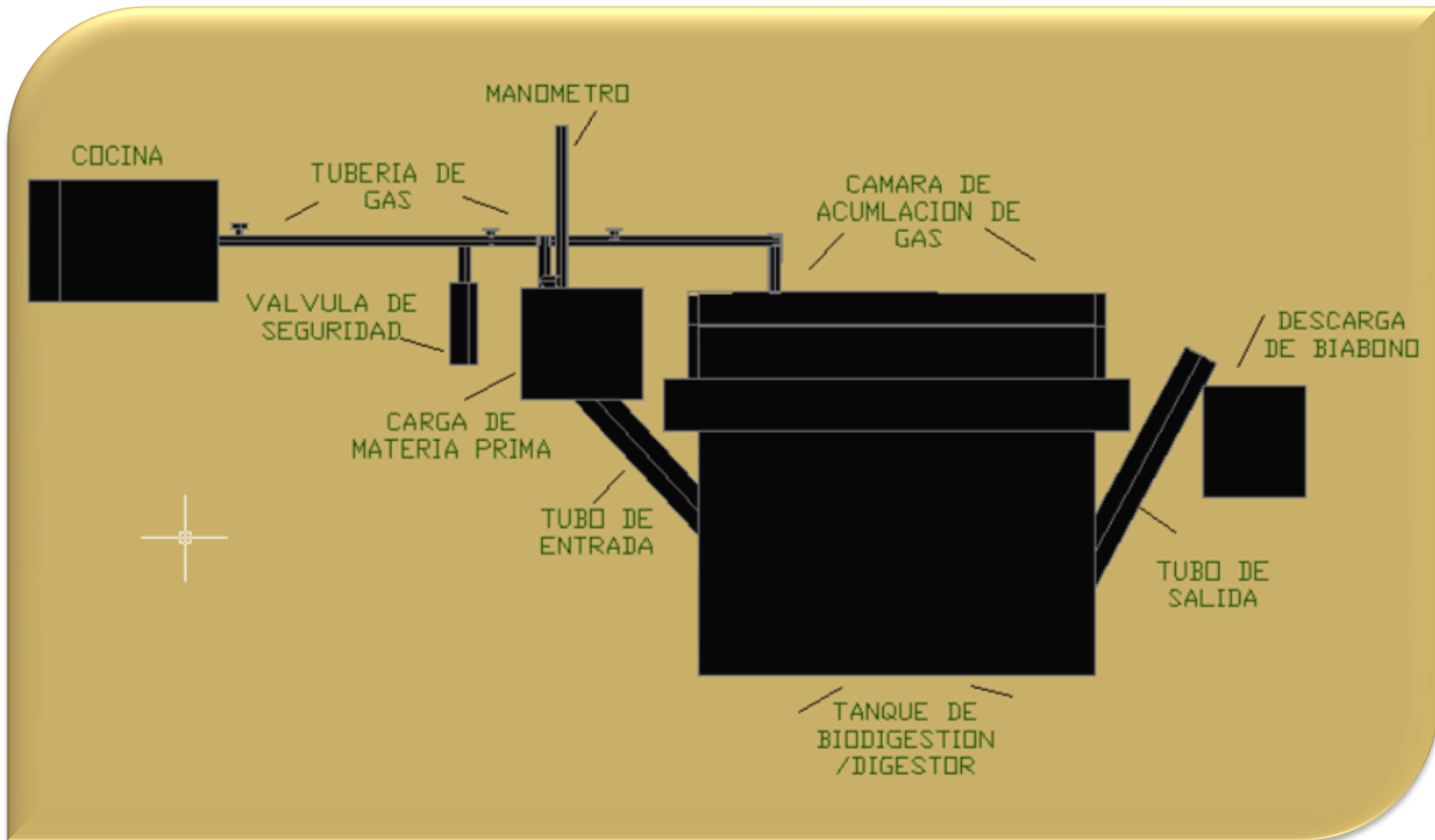
Esta producción se obtendrá diariamente ya que la alimentación del sistema que se está evaluando se realizara continua (todos los dias).

Cálculos de producción de bioabono:

En el experimento también se determino la cantidad de bioabono producido para cada una de las dosis, el estudio concluyo que de un 100% de cieno de fermentación el 94.34% porciento de este se convierte en biabono.

Anexo 7. DISEÑO DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN

ILUSTRACIÓN1: COMPONENTES DEL SISTEMA DE BIODIGESTIÓN



Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO DE BIODIGESTOR ACOTADO

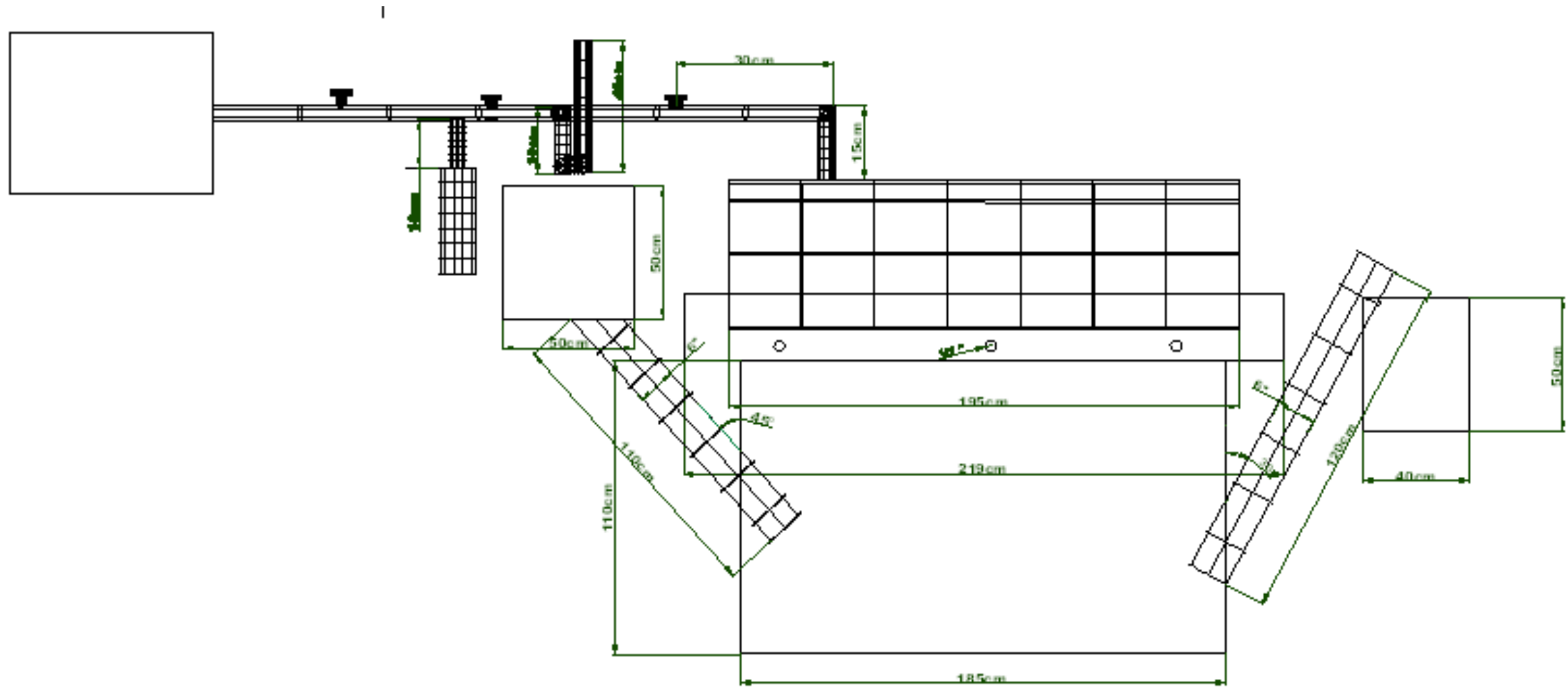
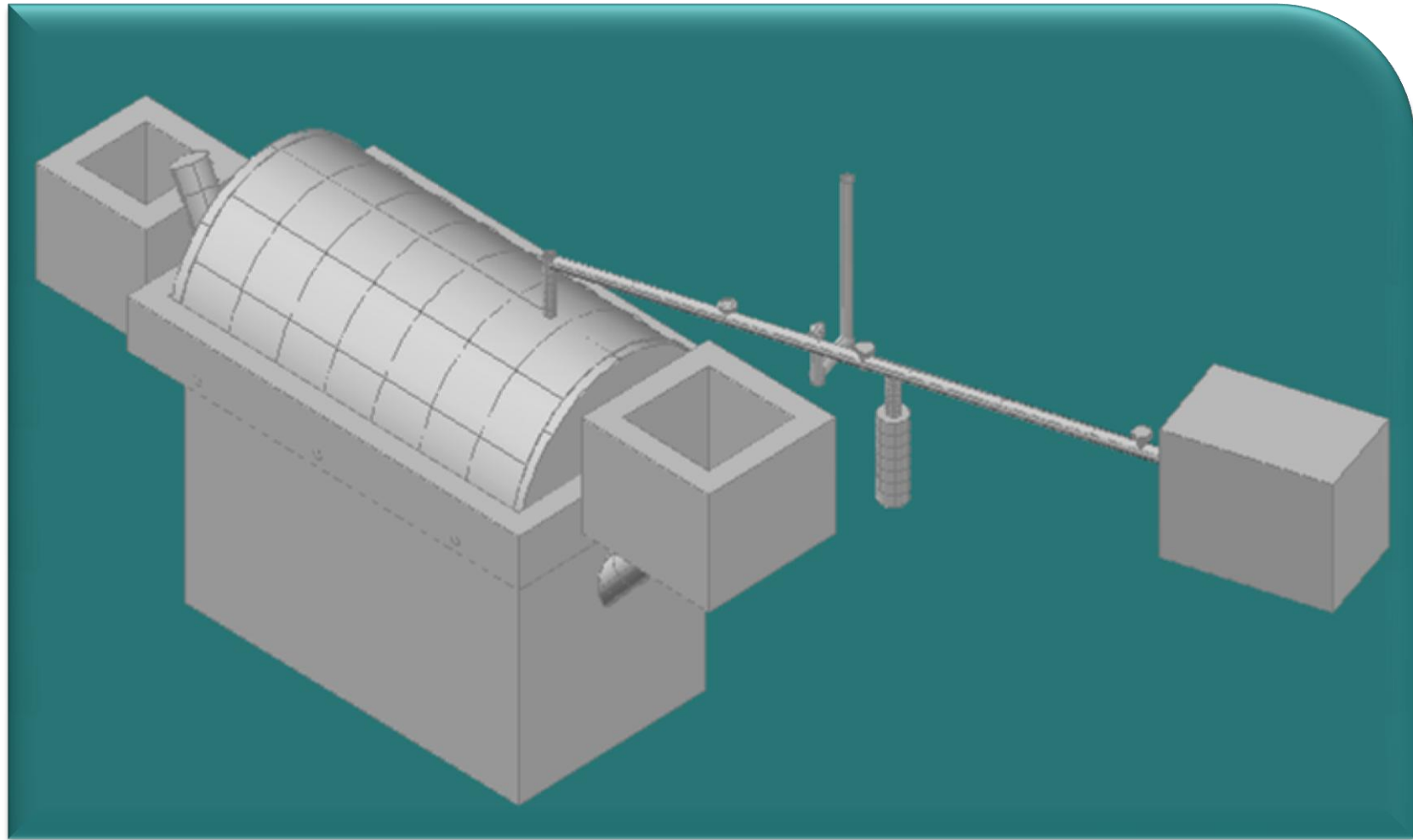
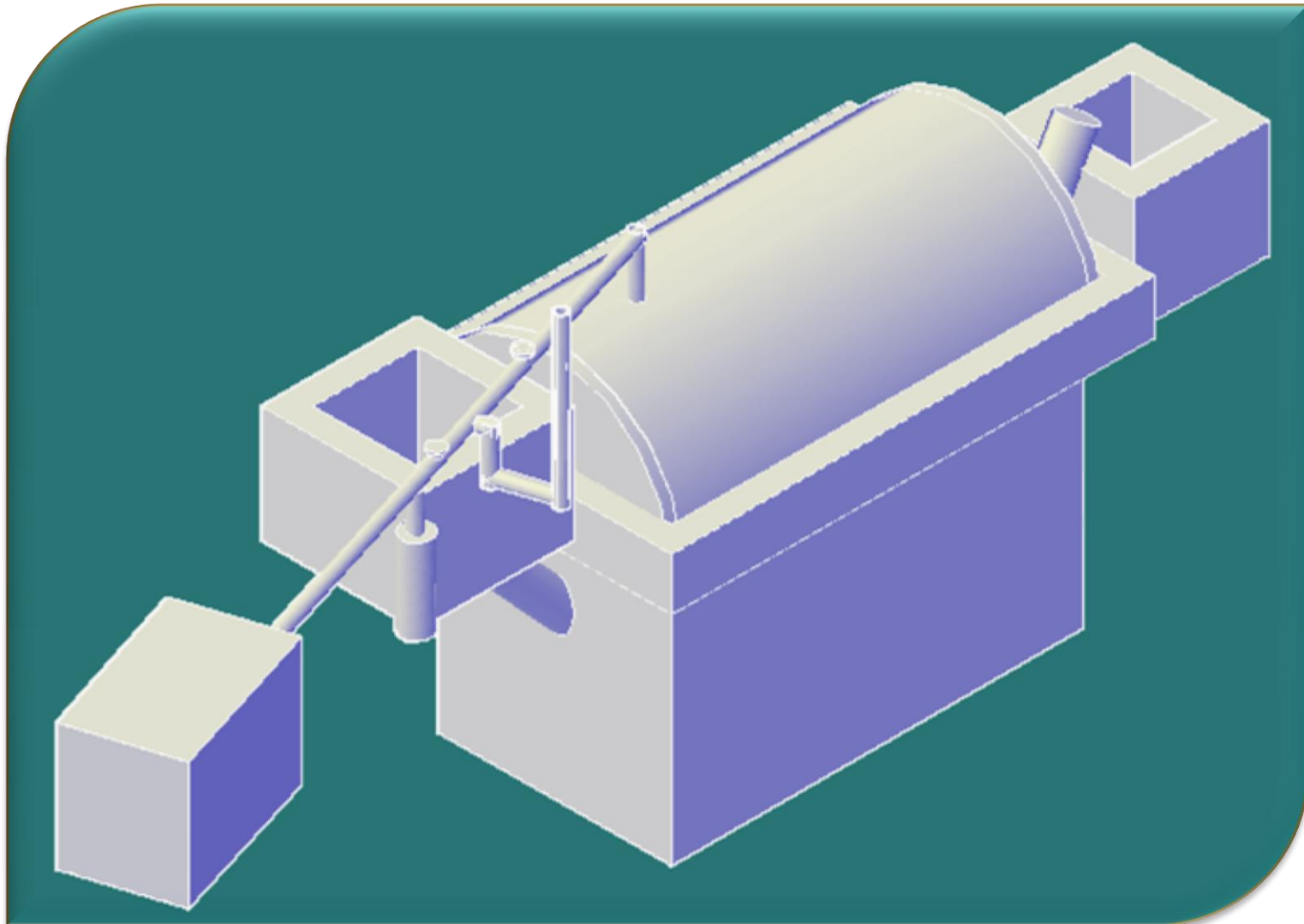


ILUSTRACIÓN 2: ISOMÉTRICO DEL DISEÑO SISTEMA DE BIODIGESTIÓN NORTE-OESTE



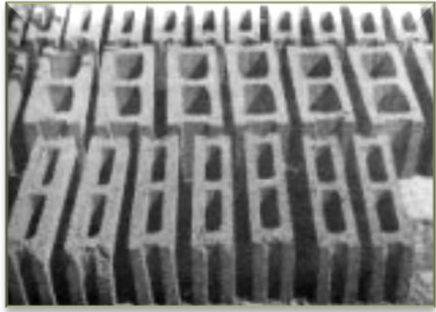
Fuente: Elaboración Propia

ILUSTRACIÓN 3: ISOMÉTRICO DEL DISEÑO SISTEMA DE BIODIGESTIÓN SUR- OESTE



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Materiales de Construcción



Bloques (40x20x12 cm)



Varillas de hierro 3/8



Tubo PVC 1/2"



Madera



Tubería PVC (Codos, T, adaptadores)



Llave de paso



: Plástico (8mm)

Anexo 9: Reglamento de permiso ambiental

REGLAMENTO DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

Gaceta # 203

31 de Octubre 94

DECRETO No. 45-94

El Presidente de la República de Nicaragua,

CONSIDERANDO

I

Que es responsabilidad del Estado procurador que los nicaragüenses habiten en un ambiente saludable.

II

Que el desarrollo pueda generar consecuencias que afecten al medio ambiente, lo que hace necesaria aplicación del sistema de evaluación, regulación y control ambiental, de acuerdo a la variada legislación existente en materia de protección del medio ambiente y de aprovechamiento racional de los recursos naturales.

POR TANTO

En uso de las facultades que le confiere la Constitución Política,

HA DICTADO

El siguiente Decreto de:

REGLAMENTO DE PERMISO Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Arto. 1. El presente Reglamento establece los procedimientos que el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, utilizará para el otorgamiento del permiso ambiental, como documento administrativo de carácter obligatorio para los proyectos que requieran estudio de impacto ambiental.

Arto. 2. El arto. 5 enumera taxativamente los proyectos en que se realizará el estudio de impacto ambiental.

Arto. 3. Para efecto de este Decreto se entenderá por:

- a) **AMBIENTE:** El sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia.
- b) **PERMISO AMBIENTAL:** Documento otorgado por MARENA a solicitud del proponente de un proyecto, el que certificará que, desde el punto de vista de la protección del ambiente, la actividad se pueda realizar bajo condicionamiento de cumplir las medidas establecidas.
- c) **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:** Conjunto de actividades técnicas y científicas destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales positivos y negativos de un proyecto y sus alternativas, presentado en forma de informe técnico y realizado según los criterios establecidos por los reglamentos y las guías técnicas facilitadas por MARENA.
- d) **DOCUMENTO DE IMPACTO AMBIENTAL:** Documento preparado por el equipo multidisciplinario bajo la responsabilidad del proponente, mediante el cual se da a conocer a las autoridades competentes y otros interesados los resultados y conclusiones del Estudio de Impacto Ambiental, traduciendo las informaciones y datos técnicos en un lenguaje claro y de fácil comprensión.
- e) **AREAS ECOLOGICAMENTE FRAGILES:** Áreas vulnerables o susceptibles a ser deterioradas ante la incidencia de determinados impactos ambientales, de baja estabilidad y resistencia o débil capacidad de regeneración: manantiales, acuíferos, ríos, lagos, lagunas, crátericas o no, esteros, deltas, playas, costas rocosas, cayos, arrecifes de coral, praderas marinas, humedales, dunas, terrenos con pendientes mayores de 35%, bosques y sus respectivas zonas de transición y las áreas declaradas bajo protección.
- f) **PROPONENTE:** Persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que propone la realización de un proyecto y para ello solicita un permiso ambiental.
- g) **IMPACTO AMBIENTAL:** Cualquier alteración significativa positiva (beneficiosa) o negativa (dañina) de uno o más de los componentes bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos del ambiente.
- h) **AREA DE INFLUENCIA:** El espacio y la superficie en la cual inciden los impactos directos e indirectos de las acciones de un proyecto o actividad.
- i) **MEDIDA DE MITIGACION:** (acción) destinada a prevenir y evitar los impactos negativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, o reducir la magnitud de los que no puedan ser evitados.
- j) **MONITOREO:** Medición periódica de uno o más parámetros indicadores de impacto ambiental causados por la ejecución de un proyecto.
- k) **PROGRAMA DE GESTION AMBIENTAL:** Conjunto de planes y sus respectivas acciones para que un proyecto sea realizado según los principios de protección del ambiente, establecidos en el permiso ambiental.
- l) **RESOLUCION:** Es el acto administrativo mediante el cual se otorga o deniega el permiso ambiental.

m) DICTAMEN: Acto Administrativo preparado bajo la responsabilidad técnica de la Dirección General del Ambiente (DGA), del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, en el que se presentan los resultados de la revisión de un estudio y documento de impacto ambiental, para fundamentar la decisión del MARENA sobre el otorgamiento de un permiso ambiental a un proyecto.

Arto. 4. La obtención del permiso ambiental es indispensable para la ejecución de proyectos nuevos de ampliación, de rehabilitación o de reconversión a los que se refiere el Arto. 5. El otorgamiento de este permiso es sin perjuicio de las demás obligaciones que exige la legislación nacional.

Arto. 5. La presentación del estudio y documento de impacto ambiental será requisito para la concesión del permiso ambiental para los proyectos que se derivan de las siguientes actividades.

- a) Exploración y explotación de oro, zinc, cobre, hierro, plata, hidrocarburos y recursos geotérmicos,
- b) Exploración y explotación de otros minerales cuando los yacimientos estén ubicados en áreas ecológicamente frías por legislación,
- c) Granjas camarónicas semi-intensivas e intensivas y acuicultura de nivel semi-intensivo e intensivo de otras especies,
- d) Cambios en el uso de tierras forestales, planes de manejo forestal en áreas mayores de 5,000 has, aprovechamiento forestales en pendientes iguales o mayores de 35% o que prevean apertura de caminos forestales de todo tiempo.
- e) Plantas de generación de energía de cualquier fuente arriba de 5 MW de potencia; y líneas de transmisión de energía con un voltaje mayor de 69 KW;
- f) Puertos, aeropuertos, aeródromos de fumigación, terminales de minería e hidrocarburos y sus derivados.
- g) Ferrovías y carreteras troncales nuevas;
- h) Oleoductos, gasoductos y mineroductos;
- i) Sistema y obras de macrodrenaje, estaciones de depuración, sistema de alcantarillado, y emisarios de agua servidas, presa, micropresas y reservorios;
- j) Obras de dragados y variación del curso de cuerpo de agua superficiales;
- k) Incineradores de uso potencial y de sustancias químicas, otras formas de manejo de sustancias tóxicas, rellenos sanitarios controlados y de seguridad;
- l) Rellenos para recuperación de terreno, complejos turísticos y otros proyectos de urbanización y deportes cuando estén ubicados en áreas ecológicamente frías o protegidas por legislación.
- m) Complejos y plantas industriales pesqueras; mataderos industriales, industrias de alimentos y bebidas, ingenios azucareros y destilerías de alcohol; industrias de tejidos y acabado de telas; curtiembre industrial de cuero manufactura de pulpa, papel y cartón, producción de resinas y productos sintéticos; manufactura y formuladoras de agroquímicos; fabricación de pinturas, barnices, lacas y solventes; refinerías de petróleo; industrias siderúrgicas, industria metalúrgica no ferrosa; industrias de cromado; industria química, petroquímica y cloroquímica; industria de cementos; producción industrial de baterías o acumuladores.

Anexo 10: Ley de Equidad Fiscal

GACETA NO.82, 06 DE MAYO DE 2003

1

LEY No. 453

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA

Hace saber al pueblo nicaragüense que:

LA ASAMBLEA NACIONAL

DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA CONSIDERANDO

I

Que el sistema impositivo actual de Nicaragua presenta una gran distorsión y sesgos negativos económicos, que hacen necesario cambiar hacia un sistema más equitativo y progresivo, siendo indispensable ampliar la base de contribuyentes para generar los ingresos que el desarrollo de país requiere.

II

Que el déficit comercial es insostenible en el largo plazo, por lo que se requiere crear los mecanismos que incentiven las exportaciones.

III

Que la asignación del gasto público, debe tener su fundamento en la existencia de un Estado austero, transparente y racional.

En uso de sus facultades;

HA DICTADO

La siguiente:

LEY DE EQUIDAD FISCAL

TITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I

Objeto y Alcance de la Ley

Arto. 1. La presente Ley tiene como objeto adecuar el régimen fiscal nacional a los principios de generalidad, neutralidad y equidad de los tributos; disminuir los sesgos anti-exportadores, facilitar las inversiones y fortalecer las instituciones encargadas de recaudar todos los tributos.

CAPÍTULO II

Administración Tributaria

Arto. 2. Administración Tributaria. Con el objetivo de implementar la Ley de Equidad Fiscal y de alcanzar una mayor eficiencia en la recaudación de todos los tributos, los recursos ordinarios asignados a la Dirección General de Ingresos y a la Dirección General de Servicios Aduaneros serán equivalentes al 3% de la recaudación bruta que logre cada institución.

Si al cierre de un ejercicio presupuestario existiere una parte de estos recursos sin haberse ejecutado o comprometido, el saldo pasará a disposición de la Tesorería General de la República.

TITULO II

IMPUESTO SOBRE LA RENTA

CAPÍTULO I

Creación y ámbito

Arto. 3. Creación y ámbito. Créase el Impuesto sobre la Renta, en adelante denominado IR, sobre toda renta neta de fuente nicaragüense obtenida por personas, cualquiera que sea su nacionalidad, domicilio o residencia, inclusive si el bien o el servicio se paga fuera de Nicaragua. Para la aplicación del IR, son personas las naturales o jurídicas y las unidades económicas, sean nacionales o extranjeras, residentes o no en Nicaragua.

Arto. 4. Origen de la renta neta. Es renta neta de fuente nicaragüense, la que se deriva de bienes o activos existentes en el país; de servicios prestados a personas en el territorio nacional, aún cuando el que brinde el servicio no haya tenido presencia física; o de negocios llevados a cabo o que surtan efectos en la República de Nicaragua, sea cual fuere el lugar donde se percibe dicha renta.

CAPITULO II Hecho generador, materia, determinación y base imponible

Arto. 5. Renta. La renta bruta comprende todos los ingresos recibidos y los devengados por el contribuyente durante el año gravable, en forma periódica, eventual u ocasional, sean éstos en dinero efectivo, bienes y compensaciones provenientes de ventas, rentas o utilidades, originados por la exportación de bienes producidos, manufacturados, tratados o comprados en el país, prestación de servicios, arriendos, subarriendos, trabajos, salarios y demás pagos que se hagan por razón del cargo, actividades remuneradas de cualquier índole, ganancias o beneficios producidos por bienes muebles o inmuebles, ganancias de capital y los demás ingresos de cualquier naturaleza que provengan de causas que no estuviesen expresamente exentas en esta ley.

Arto. 6. Renta ocasional. Será considerada como aumento de renta, la renta ocasional obtenida por la enajenación, permuta, remate, dación o adjudicación en pago, fideicomiso o cualquier otra forma legal de que se disponga de bienes muebles o inmuebles, acciones o participaciones de sociedades y derechos intangibles.

También se considerarán como aumentos de renta, los beneficios provenientes de las herencias, los legados y las donaciones, así como de las loterías, los premios, las rifas y similares.

La renta ocasional y beneficios descritos en los párrafos anteriores están sujetos a retenciones en la fuente o a pagos a cuenta del IR anual, en la oportunidad, forma y monto que determine el Poder Ejecutivo en el ramo de hacienda.

Arto. 7. Regulaciones de renta ocasional. Para efectos de lo dispuesto en el artículo anterior, se establecen las siguientes regulaciones.

1. En el caso de herencias, legados y donaciones por causa de muerte, la partición no se podrá inscribir en el registro público respectivo mientras no se hubiere efectuado el pago del IR, según se evidencie en el documento fiscal respectivo;
2. En las transferencias de bienes inmuebles, de vehículos automotores, naves, aeronaves y demás bienes sujetos a registro ante alguna oficina pública, el pago deberá hacerse antes de la inscripción en el registro público respectivo, sin cuyo requisito la oficina correspondiente no podrá realizarlo.
3. Cuando se trate de loterías, premios, rifas y similares, las personas naturales o jurídicas correspondientes, deberán retener el IR al momento de realizar el pago o entrega del mismo.
4. Para las demás rentas ocasionales no incluidas en los numerales anteriores, el Poder Ejecutivo en el ramo de hacienda establecerá otras formas de retención.

Arto. 8. Sujeto de renta en caso de usufructo. La renta de todo bien, será imputada a quien sea dueño de ella en virtud de un derecho real adquirido por el lapso de la vida del enajenante o del adquirente. En cualesquiera otros casos la Dirección General de Ingresos resolverá lo correspondiente. Cuando el propietario de un bien ceda, a cualquier título, el derecho de usufructo del mismo a favor de su cónyuge o sus descendientes menores y conserva la nuda propiedad, dicha cesión se considerará

inexistente a los efectos del IR y, la renta será atribuida al nudo propietario, sin perjuicio de la responsabilidad solidaria del usufructuario o poseedor.

Arto. 9. Renta especial de presunción de intereses. En todo contrato u operación de préstamo, en el que no se hubiere especificado interés alguno, se presume para efectos tributarios, sin admitirse prueba en contrario, la existencia de una renta, que se determinará tomando la mayor tasa activa del sistema financiero vigente al momento de la suscripción del contrato.

Arto. 10. Exenciones. Están exentos del pago del Impuesto sobre la Renta:

1. Las universidades y los centros de educación técnica superior de conformidad con el artículo 125 de la Constitución Política de la República de Nicaragua, así como los centros de educación técnica vocacional. Las instituciones artísticas, científicas, educativas y culturales, los sindicatos de trabajadores, los partidos políticos, los Cuerpos de Bomberos y la Cruz Roja Nicaragüense, siempre que no persigan fines de lucro. Cuando estas mismas instituciones realicen actividades remuneradas que impliquen competencia en el mercado de bienes y servicios, la renta proveniente de tales actividades no estarán exentas del pago de este impuesto;

2. Los Poderes del Estado, ministerios, municipios, regiones autónomas, las comunidades indígenas, entes autónomos y descentralizados y demás organismos estatales en cuanto a sus rentas provenientes de sus actividades de autoridad o de derecho público;

3. Las representaciones diplomáticas, las misiones y organismos internacionales, los representantes diplomáticos y consulares de naciones extranjeras, siempre que exista reciprocidad;

4. Las iglesias, denominaciones, confesiones y fundaciones religiosas que tengan personalidad jurídica, en cuanto a sus rentas provenientes de actividades y bienes destinados a sus fines;

5. Las instituciones de beneficencia y de asistencia social, las asociaciones, fundaciones, federaciones y confederaciones, que tengan personalidad jurídica, sin fines de lucro;

Cuando estas mismas instituciones realicen actividades remuneradas que impliquen competencia en el mercado de bienes y servicios, la renta proveniente de tales actividades no estarán exentas del pago de este impuesto. Igualmente, no estarán exentos de pagar este impuesto, cuando tales personas jurídicas se dediquen a prestar o brindar servicios financieros de cualquier índole y que las mismas estén sujetas o no a la supervisión de la Superintendencia de Bancos y de otras Instituciones Financieras;

6. Los representantes, funcionarios o empleados de organismos o instituciones internacionales, cuando tal exoneración se encuentre prevista en el convenio o tratado correspondiente; excepto los nacionales que presten servicio dentro del territorio nacional y cuando su remuneración no esté sujeta a prestación análoga en el país u organismo que paga la remuneración.

7. Las sociedades cooperativas legalmente constituidas. En caso de que distribuyan excedentes, las sumas distribuidas a los socios o cooperados serán consideradas como parte de la renta personal de los mismos, los cuales deberán pagar el Impuesto sobre la Renta de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento.

FERRERIA
ROBERTO MORALES CUADRA
 Su Ferrería de Especialidades

Casa Matriz: Km. 3 Carretera Norte • PBX: 2249-0058 • Fax: 2249-5710
 Apartado Postal 2713 Managua, Nicaragua • E-mail: frmc@intelnett.com

Sucursal No. 1
 De la Iglesia Monseñor Lezcano
 2 1/2 c. al sur • Tel.: 2250-1908,
 2250-1909

PROFORMA

Sucursal No. 2
 Avenida Principal Altamira D' este
 Tel.: 2278-5751 Telefax: 2277-0781

Fecha: 11/01/2010

Nº 53211

Nombre: _____

Dirección: Km - 3 C. Norte Tel.: 22490058 Fax: 22495710

Cant.	NUMERO	DESCRIPCION	PRECIO	TOTAL
1	1/2	tubo pvc de 1/2	-	39.25
1	6"	tubo p.v.c. de 6"	-	502.00
		Sanitario		
1	3/8	Varilla de hierro 3/8 X 6 mts	-	59.25
1	99	Hierro de 3/8 X 6 mts	-	799.25
1	-	Bolsa Cemento Canal	-	165.25
1	1/2	Codos p.v.c. 1/2	-	4.00
1	1/2	llave de chorro truper	-	55.25
1	1/2	Adaptadores pvc macho y Hembra	-	4.00
Subtotal				1627.48

RUC # 270640-3518

15 % Impuesto sobre Ventas	244.12
TOTAL C\$	1871.60

Comercial Frank Richardson Bunge e Hijos, S.A.

Kilometro 4 1/2, Carret. Norte, Contiguo LA PRENSA
 TEL: 2251-3711 Fax:2251-3712
 R.U.C # 090595-9506

No. Provisional

FECHA: 12/Ene/2010
 CLIENTE: juan martines (99999)
 CIUDAD: 88415096
 TEL. :

FACT N° . 13927 - 4
 VENDEDOR: Helen Bautista
 CONDICION: **FACTURA PROFORMA**
 VENCE:

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO VENTA	PRECIO TOTAL
HI0380	VAR#3 CORR 3/8" 9.5mm G60 6mts.	1.00	VAR 53.50	53.50
CE0001	CEMENTO HOLCIM 42.5 KG	1.00	BOL 168.42	168.42
**** Ú L T I M A L Í N E A ****				

SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS DEL 2%

AUTORIZACION No.DGI-DGC-AF-04/98.

ESTA PROFORMA TIENE UNA VALIDEZ DE 7 DÍA

Hellen Bautista

VENDEDOR: Helen Bautista

1:15:40a.m. DOSCIENTOS CINCUENTA Y CINCO CORDOBAS CON 21/100

86836777

ARENA
 PIEDRIN

1800
 1200



Cheque a nombre de Comercial Frank Richardson Bunge S.A.

SUB-TOTAL: 221.92
 DESCUENTO 0.00
 IVA: 33.29
 TOTAL: 255.21

Anexo 12: Cuadro Proyección de Inflación y cálculos de costos

Se calculo la inflación del año 2011 al año 2014, ya que el año 2010 primer año de evaluación del proyecto ya ha sido proyectada por el Banco Central Nicaragua.

Para proyectar la inflación de los próximos cuatro años se tomo en cuenta datos históricos de los últimos 10 años.

Tabla 4: Datos históricos de Inflación

Indicador Macroeconómico	
Año	Inflación (%)
2001	4,83
2002	3,87
2003	6,47
2004	9,25
2005	9,58
2006	9,45
2007	16,88
2008	13,77
2009	13,05
2010	7

Fuente: BANCO CENTRAL DE NICARAGUA

A continuación se presenta un cuadro resumen del Método de los Mínimos Cuadrados donde se observa las proyecciones de inflación. Según los resultados la ecuación que proporciona el mejor ajuste es la potencial, por tanto esta se utilizo para realizar los cálculos de costos de agua y de materiales para la manipulación de materia prima.

La tabla que se presenta resalta los datos de inflación con el mejor ajuste:

Tabla 5: Resultados de Proyección de Inflación

RESUMEN DEL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS				
	ECUACION			
	Lineal	Exponencial	Potencial	Logaritmica
	$y^{\wedge}= a+bx_i$	$y^{\wedge}= a^*bx_i$	$y^{\wedge}= a^*x_i^b$	$y^{\wedge}= a+b\ln x_i$
y^m	9.4150	2.1488	2.1488	9.4150
R²	0.4020	0.4665	0.5818	0.4854
a	4.6467	4.7988	4.11064	3.4715
b	0.8669	1.1113	0.4868	3.9349
2011	14.1833	15.3239	13.2093	12.9070
2012	15.0503	17.0298	13.7808	13.2494
2013	15.9172	18.9256	14.3284	13.564
2014	16.7842	21.0324	14.8548	13.8560

La siguiente tabla muestra los cálculos de costos en base a la tasa de inflación proyectada.

Tabla 6: Costos de AGUA y Materiales.

Costos			
Año	tasa	Materiales (C\$)	Agua (C\$)
2010		220	60
2011	0.1321	249.06	67.93
2012	0.1378	284.81	77.68
2013	0.1433	328.77	89.66
2014	0.1485	382.84	104.41

Anexo 13: Proyección de precios del GLP

Los datos resaltados en la siguiente tabla son precios de GLP proyectados a través de la ecuación potencial ya que esta registra el mejor ajuste para realizar proyecciones de precios

Tabla 7: Cuadro resumen de la proyección de precios de GLP

Resumen del Método de los Mínimos Cuadrados					
		ECUACION			
		Lineal	Exponencial	Potencial	Logaritmica
		$y^{\wedge}= a+bx_i$	$y^{\wedge}= a^*bx_i$	$y^{\wedge}= a^*x_i^b$	$y^{\wedge}= a+b\ln x_i$
	$y^{\wedge}m$	13.0898	2.382994989	2.382994989	10.90816667
	R ²	0.9607	0.9679	0.9086	0.8741
	a	8.3957	8.6119	8.8997	8.7882
	b	0.7178	1.06787	0.1796	1.9333
7	2010(C\$)	13.4207	13.6377	12.6236	12.5502
8	2011(C\$)	14.1385	14.5634	12.9301	12.8084
9	2012(C\$)	14.8563	15.5519	13.2065	13.0361
10	2013(C\$)	15.5742	16.6075	13.4589	13.2398
11	2014(C\$)	16.2920	17.7347	13.6913	13.4240