

# **Evaluación de alternativas de cogeneración a través de energías renovables en la planta de lácteos de la EAP**

**Helga Aguiluz Huete**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2008

ZAMORANO  
CARRERA DESARROLLO SOCIECONOMICO Y AMBIENTE

# **Evaluación de alternativas de cogeneración a través de energías renovables en la planta de lácteos de la EAP**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Helga Aguiluz Huete**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2008

# **Evaluación de alternativas de cogeneración a través de energías renovables en la planta de lácteos de la EAP**

Presentado por:

Helga Aguiluz Huete

Aprobado:

---

Carlos Enrique, Quiroz, M.Sc.  
Asesor principal

---

Arie Sanders, M.Sc  
Director  
Carrera Desarrollo Socioeconómico y  
Ambiente

---

Mario Contreras, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A  
Rector

## RESUMEN

Aguiluz, H. 2008. Evaluación de alternativas de cogeneración de atreves de energías renovables en la Planta de Lácteos de la EAP. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y ambiente, Zamorano Honduras. 53p.

La dependencia por los combustibles fósiles se hace cada vez más evidente, nos encontramos atravesando la denominada crisis energética y se necesitan sustitutos para reducir este alto consumo que demandan las actividades humanas, por lo tanto la utilización de energías limpias es la opción más eficiente, por ello el objetivo del presente estudio es evaluar alternativas de cogeneración de energías renovables como biomasa, biogás, utilización de dispositivos fotovoltaicos y reducción en consumo de energía para la Planta de Lácteos de Zamorano, para promover su eficiencia energética. El biogás se obtiene gracias a la descomposición de la materia orgánica por bacterias anaeróbicas la cual será aprovecha de las aguas residuales procedentes la Planta de Lácteos, al remplazar la trampa de grasa por un biodigestor, produciendo un gas compuesto llamado metano del cual se generara 69 Kwh – día, de energía eléctrica con una retención de 30 días de la materia orgánica. La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol a energía eléctrica, en donde se evaluó un área de 630m<sup>2</sup> aproximadamente, resultando una implementación de 435 paneles solares en la Planta de Lácteos lo que brindara una potencia de 96 Kwh de energía eléctrica. El termino biomasa es toda materia orgánica renovable, en lo que se considera implementar la sustitución de la caldera de diesel de la Planta de Lácteos por una caldera que funcione con la combustión de aserrín, dicho desperdicio será recolectado por la Unidad Forestal de Zamorano, el aserradero produce actualmente un aproximado de 525 toneladas de aserrín al año, lo que favorece con la generación de 223 Kwh. No obstante la Planta de Lácteos con la implementación de la cogeneración de energías limpias podrá suplir un 44% de la demanda energética en un escenario crítico y un 116% con un escenario más optimista, obteniendo un excedente favorable en el suplemento de la demanda energética. Por esto, el presente trabajo sugiere investigaciones y acciones que profundicen los conocimientos que se obtuvieron y detallar los cuidados y precauciones que se debe tener para la utilización de esta tecnología. De cualquier modo ésta prueba ser una alternativa capaz de generar ahorros de energéticos y combustibles, además de ser una tecnología nueva que se podrá implementar para estudios y laboratorios para alumnos de Zamorano.

**Palabras claves:** Biogás, biomasa, energía fotovoltaica, eficiencia energética.

**CONTENIDO**

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MARCO DE REFERENCIA .....	3
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4 RESULTADOS .....	22
5 CONCLUSIONES.....	44
6 RECOMENDACIONES .....	46
7 BIBLIOGRAFÍA.....	47
8 ANEXOS .....	49

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro .....	Página
1. Composición del biogás .....	5
2. Caldera de diesel por una de biomasa .....	12
3. Recursos para la generación de energía a base de biomasa.....	12
4. Aforo de caudal .....	20
5. Demanda horario Kwh. ....	22
6. Demanda diario durante el horario de producción. ....	22
7. Demanda diaria total de enegia electrica .....	22
8. Inventario de maquinaria.....	23
9. Inventario de maquinaria por amperímetro. ....	25
10. Resumen de resultado de Planta de Lácteos.....	27
11. Resultado de aforo.....	27
12. Consumo de Diesel en la caldera de la Planta de Lácteos.....	28
13. Oferta de aserrín de la unidad de forestales.....	28
14. Radiación solar .....	29
15. Temperatura y radiación solar de la estación climatológica de Zamorano .....	29
16. Lámparas actuales T12.....	30
17. Lámparas con eficientes energética T8. ....	30
18. Eficiencia energética. ....	30
19. Medición diaria y horaria del registro de electricidad de la Planta de Lácteos. ....	31
20. Medición mensual de la Planta de Lácteos.....	32
21. Medición de potencia de maquinaria con amperímetro. ....	33
22. Potencias máximas de equipo.....	34
23. Presupuesto.....	39
24. Análisis financiero.....	41
25. Créditos por reducción de carbono.....	43

Figura	Página
1. Descripción funcional del funcionamiendo de un biodigestor .....	7
2. Central de biomasa para la compustion de la materia organica .....	10
3. Esquema de un sistema fotovoltaico .....	16
4. Tubería.....	18

Gráfica	Página
1. Máximo en consumo de Kwh en horas de producción.....	22
2. Maquinarias con mayores demandas en potencia .....	24
3. Maquinarias - amperímetros.....	26

Anexo	Página
1. Diagnóstico energético.....	49

# 1 INTRODUCCIÓN

Con el tiempo la industria láctea a aumentado su crecimiento en área física y producción para poder satisfacer una mayor demanda, generando mayores desperdicios que son vertidos en ríos con altas concentraciones de materia orgánica y el incremento en la demanda de energía por uso ineficiente.

Dentro de algunos años, la producción mundial de petróleo convencional empezará a disminuir, mientras la demanda mundial no deja de aumentar. El choque resultante de esta creciente hambre petrolera estructural con la disminución de la producción es inevitable, a causa de la importancia de la dependencia de nuestras economías respecto del petróleo barato y la imposibilidad de privarlas de él de la noche a la mañana.

Asimismo, el gasto excesivo de energía se podría controlar con alternativas mediante el aprovechamiento de los recursos fotovoltaicos basados en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica, a través de módulos que aprovechen la infraestructura de los techos, en éste caso particular de la planta de lácteos.

La Planta de Lácteos de Zamorano demanda el 6% del consumo de energía eléctrica del total de la demanda de Zamorano, asimismo presento en el año 2007 un consumo 15,266 gal de diesel para su caldera.

Es preciso establecer medidas para incrementar la eficiencia energética y buscar la auto sostenibilidad de la planta, de esta forma se podrá reducir la factura energética de Zamorano y el alto consumo de diesel obteniendo sostenibilidad ambiental y económica para la Planta de Lácteos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo general

Determinar el potencial energético a través de recursos renovables y acciones necesarias para su uso eficiente en la Planta de Lácteos de Zamorano.



### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar la demanda energética de la Planta de Lácteos.
- Determinar el potencial energético mediante la aplicación de tecnología fotovoltaica.
- Estimar la producción de biogás a través de las aguas residuales procedentes de la Planta de Lácteos y su potencial energético
- Evaluar técnica y ambientalmente la sustitución de la caldera actual de diesel por una de combustión por biomasa.
- Establecer recomendaciones para un uso más eficiente de la energía.
- Evaluar la rentabilidad del proyecto mediante indicadores financieros tales como la TIR, VPN, costo – beneficio y tiempo de recuperación de la inversión.

## 2 MARCO DE REFERENCIA

El análisis químico y microbiológico de las aguas residuales es una herramienta clave para apreciar el estado, las posibles causas y acciones a tomar para su tratamiento. También estos datos sirven para evaluar la depuración de aguas residuales. Los desechos generados por las industrias lácteas están constituidos por una suspensión o solución diluida de materia orgánica, sujeta a descomposición (Potter, 1973). Las aguas residuales de la industria láctea se pueden dividir en tres categorías: agua de enfriamiento, agua sanitaria y agua residual industrial usada en procesamiento (Bylund, 1996).

Algunos parámetros químicos y bacteriológicos para determinar el estado de aguas residuales son los contaminantes orgánicos y se miden basados en su cantidad por unidad de volumen de agua residual y la forma más moderna es mediante la cromatografía: DBO, Demanda química de oxígenos (DQO), pérdidas por calcinación (% de sólidos totales) y carbono orgánico total (COT) (Bylund, 1996). Otro parámetro son los contaminantes inorgánicos que en su mayoría son sales minerales, detergentes y normalmente son detectados por medio de la descomposición iónica y concentración salina del agua, casi despreciables al momento de tratar las aguas a excepción de la reducción del nitrógeno, sales fosfóricas y metales pesados.

Uno de los mayores desperdicios en los efluentes que posteriormente drenan hacia los ríos es el suero subproducto que contiene lactosa, proteínas (caseínas, albúminas, globulinas), sales, lípidos (triglicéridos) y vitaminas, siendo procedentes de la elaboración de quesos, esta parte líquida separada de la parte sólida en su fase de coagulación, contiene aproximadamente el 50% de los compuestos de la leche, por lo que su procesamiento o depuración es esencial para la conservación del medio ambiente considerando su efecto contaminante evidenciado en su demanda química de oxígeno (DQO) y altas variaciones significativas en pH y temperatura.

Se estima que los efluentes de la industria láctea contienen aproximadamente 42,000 mg/l de DBO que sobrepasan los límites normales permitidos, con esto se ha considerado diversas alternativas para darle un buen uso a este desperdicio que puede ser valioso para la alimentación de granjas porcinas, así como en la utilización del biogás que es un derivado de la digestión anaerobia del estiércol y del propio suero, éste representa un importante biocombustible que podría proporcionar beneficios económicos, ambientales y sociales.

Las energías renovables y el ahorro energético ocupan hoy en día un papel importante en la economía y conservación ambiental, se requiere la sustitución masiva de sistemas de iluminación eficientes, el reemplazo de equipos con altas demandas de energía, reducción

en consumo de combustibles y la implementación de tecnologías para generación de energía eléctrica.

## **2.1 ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS**

Este estudio se enfoca en la reducción de energía eléctrica y la sustitución de los combustibles fósiles por la cogeneración de energía, a través de las alternativas energéticas de biogás, biomasa, energía solar y eficiencia energética.

### **2.1.1 Biogás**

La dependencia por los combustibles fósiles y leña para producción de energía se hace cada vez más evidente. Muchas personas han aportado al mundo con ideas para combatir el problema por energía amigable al ambiente, una de las soluciones planteadas es la búsqueda de fuentes de energía diferentes a los combustibles fósiles, por ejemplo el biogás. Esta alternativa puede reducir la demanda de productos petrolíferos (Ramírez, 2004).

El biogás es un gas combustible que se forma durante la descomposición anaerobia (en ausencia de oxígeno) del residuo orgánico (por ejemplo suero). El biogás contiene principalmente metano (50-70%) y dióxido de carbono.

Según Botero & Aguilar, la digestión anaeróbica o biodigestión es considerada como una herramienta efectiva en el manejo de desechos orgánicos y la producción de metano como fuente de energía renovable. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, o iluminación, y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad. Además el residuo de la producción de biogás puede ser utilizado como fertilizante orgánico.

**2.1.1.1 Implementación de un biodigestor, ventajas ambientales y generación de energía.** La digestión anaeróbica es la forma en la que ciertos microorganismos, en una atmósfera deficiente de oxígeno, descomponen la biomasa y la transforman en biogás. Para que esta transformación pueda llevarse a cabo es necesario el uso de mecanismos adecuados, estos son llamados biodigestores o plantas de biogás. Dependiendo de la materia prima y la calidad del proceso, la composición del biogás.

Cuadro 1. Composición del biogás

Componente	Formula Química	Porcentaje
Metano	CH <sub>4</sub>	60 – 70
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	30 – 40
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	1
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,5
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0,1
Ácido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	0,1

Fuente: Instituto de Investigación Eléctricos, México (1980).

La producción de metano se estima en 500 millones de toneladas métricas anuales, de las que 345 millones son producto de actividad humana; esto significa que cada molécula de CH<sub>4</sub> es 25 veces más superior a la de CO<sub>2</sub>.

Los métodos de conversión de la biomasa en combustible pueden en: conversión bioquímica y conversión termoquímica. De la primera, se puede obtener el etanol y metano mediante la fermentación alcohólica y digestión anaerobia. De la segunda, se puede obtener gas pobre, carbón y jugos piroleñosos mediante gasificación y pirolisis. Según Kossmann & Pönitz (1989). el proceso de generación de metano cuenta con tres partes las cuales son:

- **Hidrólisis.** En esta fase las enzimas de los microorganismos actúan sobre la materia orgánica, la bacteria descompone las largas y complejas cadenas de carbohidratos, proteínas y lípidos. En esta etapa se obtienen tres sustratos orgánicos complejos: Ácido butírico, ácido propiónico y ácido láctico.
- **Acidificación.** Durante esta etapa las bacterias convierten los sustratos orgánicos productos de la hidrólisis y los transforman en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas bacterias no son totalmente anaeróbicas y producen reacciones endotérmicas.
- **Formación de metano.** Durante este tercer paso, las bacterias trabajan en condiciones anaeróbicas y utilizan parte del hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético para la formación de metano. Las bacterias metanogénicas son muy sensibles a cambios ambientales, contrarias a las bacterias acidogénicas y acetogénicas.

Los microorganismos encargados de la biodigestión presentan máxima actividad en diferentes rangos de pH, por ejemplo las bacterias hidrolíticas trabajan mejor entre 7.2 y 7.4, acetogénicos entre 7 y 7.2 y metanogénicos entre 6.5 y 7.5. Por ello es deseable un Ph de 6.5 a 7.5. Si el pH se torna muy ácido, la acción de las bacterias metanogénicas se inhibe, aumentando la proporción de gas carbónico en el biogás (Botero & Preston, 1987).

Para la implantación de un biodigestor, este requiere un tiempo de retención de las aguas residuales, para que la digestión sea más eficiente en la degradación de la materia orgánica, distintos autores coinciden en afirmar que este tiempo óptimo es de 50 días pero esto puede variar por diferentes factores como la temperatura, tipo de sustrato que se use, presencia de sustancias inhibidoras de producción, etc. El tiempo de retención para sistemas de producción continua se calcula dividiendo el volumen del biodigestor entre la cantidad diaria de afluente que ingresará al biodigestor. (Botero, & Preston, 1987).

Debe tomarse en cuenta que si el tiempo de retención es muy corto se estarían eliminando las bacterias productoras de metano sin darles tiempo para su reproducción.

La implementación de un biodigestor conlleva a las siguientes ventajas ambientales:

- La obtención de biogás por representa un tratamiento alternativo, con un enorme potencial, no sólo para evitar daños ecológicos, sino para además obtener energía de forma eficiente.
- El uso de esta técnica, además de reducir emisiones de metano, conlleva la disminución de las emisiones de amoníaco y otros gases de efecto invernadero y de compuestos que causan malos olores.
- Reducción de la tala indiscriminada de árboles para suplir necesidades energéticas
- Reducción de emisión de gases contaminantes al ambiente, principalmente metano
- Depuración de aguas servidas, evitando contaminación de los ríos y fuentes de agua
- Producción de energía limpia, evitando costos por adquisición de combustibles fósiles o leña
- Ingresos por bonos de carbono
- Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. Una vez dada la producción de biogás el residuo puede ser utilizado como abono para plantas. (Hohlfeld & Sasse, 1986).
- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos. 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 sobreviven el proceso de biodigestión (Hohlfeld & Sasse, 1986).
- Genera menos lodos

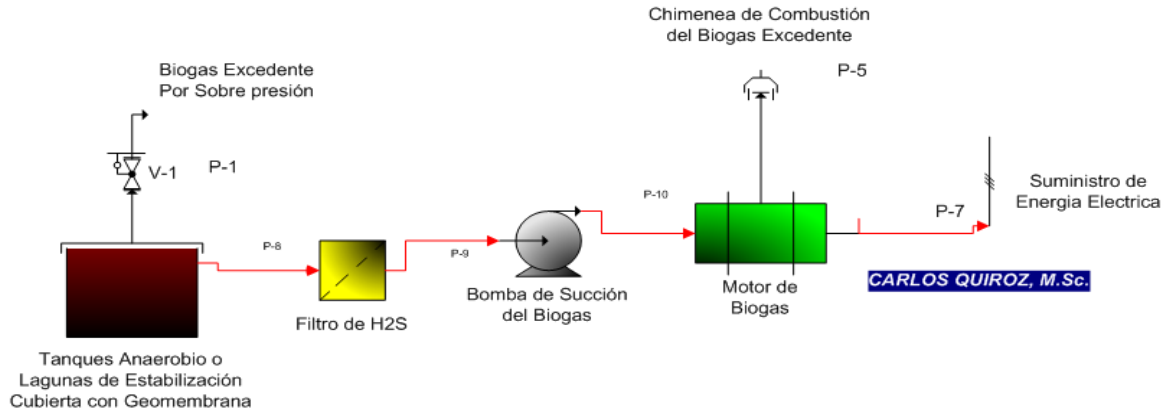


Figura 1. Descripción funcional de la producción de biogás en un biodigestor

Los pasos a tomar en cuenta para la producción de biogás y generación de energía son:

1. Instalación del biodigestor
2. Conducción del biogás a partir de tuberías
3. Colocación de un reservorio, con una alta capacidad de almacenamiento.
4. Motores - generadores que aspiran una mezcla de biogás - aire
5. Medidor de consumo de combustible, para el control de la producción de biogás.
6. Filtro para la captación del sulfuro de hidrogeno en el biogás, ya que es altamente corrosivo y puede ocasionar grandes daños al motor. Con el fin de eliminar o disminuir el porcentaje de  $H_2S$  en el biogás se emplean sistemas de filtro con sustancias como cal viva o pagada, limadura de hierro o ciertos tipos de tierras conocidas como hematites parda o limonita, las cuales son ricas en sustancias ferrosas (Muche & Zimmermann, 1985).

A partir de la generación de biogás se puede obtener:

- Generación hasta de 125 Kwh. de electricidad.
- Generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt.
- Poner a funcionar un refrigerador de  $1\text{ m}^3$  de capacidad durante 1 hora.
- Hacer funcionar una incubadora de  $1\text{ m}^3$  de capacidad durante 30 minutos.
- Hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas
- Se ha calculado que un  $1\text{ m}^3$  de biogás utilizado para cocinar, evita la deforestación de 0.335 ha de bosques con un promedio de 10 años de vida de los árboles (Sasse, 1989).
- El contenido de energía del biogás es de  $21,5\text{ MJ/m}^3$ , con 60% de metano, esto significaría una producción de energía eléctrica  $6\text{ Kwh/m}^3$ .

## 2.1.2 Biomasa

El cambio climático y sus consecuencias sociales, ambientales y económicas, a escala regional o nacional, han hecho que la comunidad internacional comience a idear mecanismos que permitan disminuir y aplacar este fenómeno y que sea parte de sus agendas en los últimos años (PNUMA, 1999).

Una de las consecuencias del cambio climático es el calentamiento global producido por el incremento en la concentración de los gases del efecto invernadero (GEI), principalmente del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) entre otros.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> representan el 50% de efecto invernadero derivado de las actividades humanas. Este gas proviene principalmente del consumo de combustibles fósiles, gas natural y quemas. Las emisiones por concepto de consumo se estiman en 6000 millones de toneladas métricas anuales (centeno, 2000).

Hay ya suficientes demostraciones de que la combustión a escala industrial de biomasa tiene efectos positivos o neutros en la emisión de carbono a la atmósfera pues se liberan menores o iguales cantidades que las captadas por las plantaciones en su proceso de fotosíntesis, mientras que el consumo de combustibles fósiles incorpora a la atmósfera CO<sub>2</sub> geológico alterando el equilibrio natural. La biomasa provee el 14% del total de la energía consumida por los países del 3er Mundo sin embargo puede proveer 10 veces el total de la energía que el mundo de hoy demanda.

La humanidad está alterando la tasa de intercambio de carbono entre la biosfera terrestre y la atmosfera mediante actividades de industrialización. En respuesta a estas actividades industriales se tiene como objetivo mitigar este efecto con medidas más ambientales, como el uso de desperdicios orgánicos como forma de reducir el uso de combustibles fósiles y sustituir a energía verde.

El protocolo de Kioto propone una serie de cambios estructurales que promuevan el desarrollo sostenido, fomenten la eficiencia energética, proporcionen modalidades sostenibles, desarrollo de formas nuevas y renovables de energía (PNUMA, 1999).

Según (Ramírez, 2004), la biomasa es toda materia o sustancia orgánica renovable de origen vegetal o animal. Esta fuente de energía se ha utilizado desde nuestros ancestros, con el descubrimiento del fuego, cuando se utilizó la leña en hogueras para la cocción de alimentos.

La biomasa es el conjunto de recursos forestales, plantas terrestres y acuáticas, y de residuos y subproductos agrícolas, ganaderos, urbanos e industriales. En muchas ocasiones se considera que la biomasa entorpece las labores agrarias o ganaderas que la generan. Esto se traduce en empresas incurriendo en gastos para la destrucción de la misma. Cuando esto ocurre se desperdicia una fuente de energía importante. Se considera que un kilogramo de biomasa produce aproximadamente 3500 Kcal. de energía y que un litro de gasolina tiene aproximadamente 10000 Kcal., por tanto por cada tres kilogramos que desperdiciamos de biomasa, se desaprovecha el equivalente a un litro de gasolina (Ramírez, 2004).

**2.1.2.1 Central de calefacción biomasa.** Las centrales de calefacción de la biomasa abarcan diversas unidades de calefacción. Esto asegura de que haya suficiente capacidad de calefacción, reducen el riesgo de una interrupción del suministro de combustible que pudiera poner en peligro la fuente de calor y maximiza el uso de las fuentes de calor más baratas. Según lo descrito por (Arkay & Blais, 1996), los cuatro tipos de fuentes de calor que se pueden encontrar en una central de calefacción de la biomasa son:

- **Recuperación de calor residual.** El calor más barato es el que se proporciona por un sistema de recuperación de calor residual. Algunas centrales de calefacción de la biomasa pueden situarse cerca de los equipos de producción eléctrica (un motor de intercambio que conduce un generador) o de un proceso termal que rechace el calor hacia el ambiente. Este calor, que sería perdido de otra manera, se puede capturar a menudo por un sistema de la recuperación de calor residual, en poco o casi nada en un coste adicional.
- **Sistema de combustión de biomasa** (Biomass combustion system, BCS). El SCB es la unidad que genera el calor con la combustión de la materia orgánica y es por definición el corazón de una central de calefacción de biomasa.
- **Sistema de calefacción de carga máxima.** El sistema de calefacción de carga máxima suministra esa pequeña porción de carga en la calefacción anual que no puede ser suministrado por el SCB. A menudo se utilizan fuentes de energía convencionales, y sea caracterizado por costos más bajos y costos de combustibles más altos. El sistema de calefacción de carga máxima también se utiliza en algunos casos en épocas donde la materia orgánica no genera suficiente combustión, bajo tales condiciones, el sistema de combustión de biomasa no sería suficiente o generaría niveles inaceptables de emisiones (humo).
- **Sistema de calefacción de reserva.** Utilizado en el caso donde no esté en funcionamiento uno o más de las otras fuentes de calor, debido al mantenimiento o a una interrupción en el suministro de combustible, el sistema de calefacción de reserva tiende a compartir las características de sistema de la carga máxima de costos de capital más bajos y de costos de combustibles más altos. El sistema de la carga máxima sirve a menudo como el respaldo a la combustión de la biomasa del sistema, y no hay sistema de calefacción de reserva adicional incluidos.

En el sistema de la combustión de biomasa (SCB), el interés principal en una central de calefacción es la combustión de la biomasa la cual tiene un número de etapas:

- **Entrega del combustible (biomasa).** Es el área de recibimiento.
- **Almacenaje del combustible de la biomasa.** El combustible se puede almacenar en pilas al aire libre, en una vertiente protectora, en el interior de compartimientos o silo. El almacenaje al aire libre, aunque barato, provoca que la precipitación y la suciedad contaminen la materia orgánica.
- **Recuperación del combustible de la biomasa.** Esto refiere al traslado de la biomasa del almacenaje a la cámara de combustión.
- **Transferencia del combustible de la biomasa.** Este es el movimiento de la biomasa en la cámara de combustión. En sistemas automatizados, un taladro de tornillo o un dispositivo similar mueve la biomasa y un compartimiento medidor regula el flujo en la cámara de combustión.



- **Cámara de combustión.** La biomasa se inyecta en la cámara de combustión, donde se quema bajo condiciones controladas. Un sistema de control regula el flujo del aire en respuesta a la demanda del calor, en SCB automatizado, el flujo de la biomasa también se regula. Los materiales refractarios guardan el calor de la combustión dentro de un compartimiento. La cámara de combustión comprime la materia orgánica ardiente en una rejilla, permitiendo la salida del aire para arriba a través y sobre del combustible ardiente de la biomasa, facilitando la combustión completa. En sistemas más sofisticados, la rejilla se mueve para distribuir uniformemente el flujo, se transporta el combustible a diversos compartimientos y empuja la ceniza al extremo de la cámara de combustión. Los gases calientes salen de la cámara de combustión y luego a través de un transformador de calor.
- **Cambiador de calor.** El calor de la combustión se transfiere al calor del sistema de distribución. En hornos simples el agua se encuentra aislada y alrededor de la cámara de combustión y funciona como un transformador de calor. En calderas más grandes se utiliza además agua o vapor como medio de traspaso térmico.
- **Retiro y almacenaje de la ceniza.** Esto implica retirar de la parte inferior las cenizas que permanece en la cámara de combustión y para evitar que las cenizas sean transportadas por los gases de escape. Las cenizas ubicadas en la parte inferior de la cámara se pueden retirar manualmente o automáticamente, dependiendo del sistema. Las cenizas volantes se pueden remover con dispositivos de recolección (depurador del extractor).
- **Dispositivo de escape y apilado.** Esto expresa los gases de combustión expulsados a la atmósfera. Los pequeños sistemas utilizan extractores calientes y en sistemas más grandes utilizan ventiladores que alimentan el aire en la cámara de combustión para eliminar los gases de escape o un ventilador en la base de la chimenea.

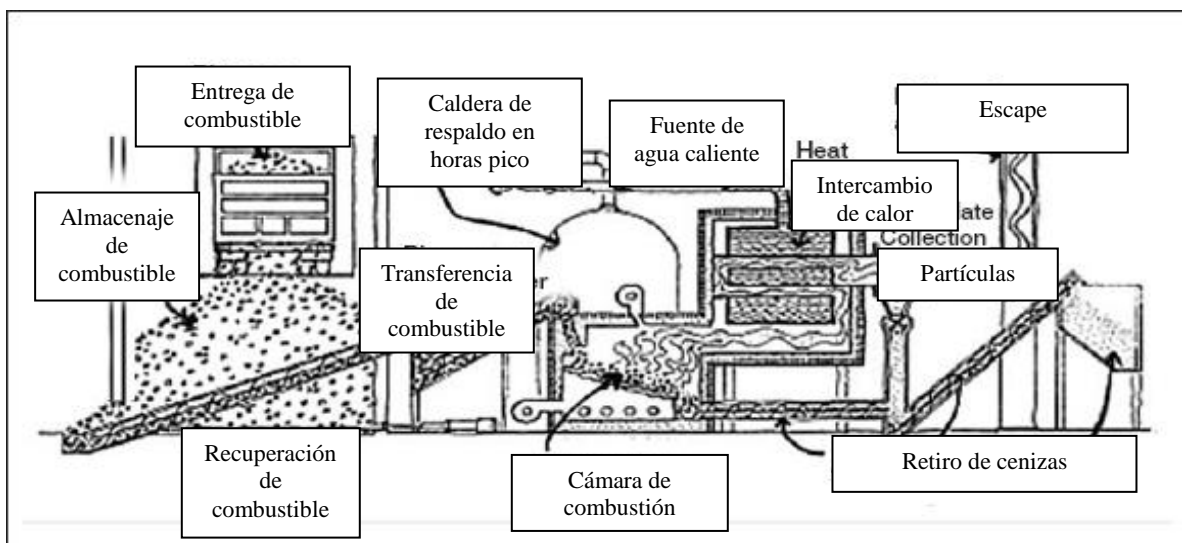


Figura 2. Central de Biomasa, (RETScreen® International, 2005).

La biomasa se descompone a sus moléculas elementales acompañada por la liberación de calor. Por lo tanto la liberación de energía de conversión de la biomasa en energía útil imita procesos naturales pero en una tasa más rápida. Por lo tanto, la energía obtenida de la biomasa es una forma de energía renovable. Utilizar esta energía recicla al carbón y no añade dióxido de carbono al medio ambiente, en contraste con los combustibles fósiles. De todas las fuentes renovables de energía, la biomasa se diferencia en que almacena energía solar con eficiencia. Además, es la única fuente renovable de carbón, y puede ser procesada convenientemente en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 8MJ/kg para la madera verde, 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg para el metano; en comparación con cerca de 23 a 30MJ/kg para el carbón. La eficiencia del proceso de la conversión se determina cuánto la energía real puede ser utilizada en forma práctica.

**2.1.2.2 Cogeneración a partir de biomasa.** La cogeneración por biomasa consiste por ende en la generación de energía eléctrica y térmica a partir de la combustión de la biomasa. Los beneficios asociados a la cogeneración con biomasa es una alternativa de combustible para las industrias lácteas, además se obtienen las siguientes ventajas:

- Mayor eficiencia energética y por lo tanto, ahorro en costos  
Las plantas co - generadoras permiten lograr eficiencias de conversión de combustible a energía, utilizable en torno al 80 - 85% aproximadamente y dependiendo del lugar al cual se le estará supliendo energía
- Energía renovable.  
El uso de biomasa proveniente de la explotación sustentable de los bosques constituye una fuente de energía renovable.
- Se evita el uso de terrenos agrícolas para disponer de la biomasa
- Reducción de la contaminación visual.
- Riesgo de incendios forestales en verano; si considera que los desechos que pueda general el bosque también pueden ser utilizados para la generación de energía
- La generación de energía a través de biomasa no contribuye al efecto invernadero
- Ahorro en la utilización de combustibles fósiles y bajos costo en la implementación
- Protección al Ambiente

En comparación con la quema de biomasa sin cogeneración, se evita:

- Generación de abundante material contaminante (Smog.)
- Generación de gases contaminantes producto de una combustión imperfecta e incompleta: CO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>
- Riesgo de incendios forestales por descontrol de la quema

La cogeneración es fundamental en la industria moderna

- La cogeneración resulta interesante como una inversión marginal dentro de una planta que requiere energía eléctrica y térmica para operar.
- Económicamente conveniente si se dispone de combustible barato y abundante o una fuente suplidora de biomasa cerca.
- Es eficiente desde un punto de vista energético.

Cuadro 2. Caldera de diesel por una de biomasa

<b>Estado actual</b>	<b>Con biomasa</b>
Caldera que quema combustible fósil para la generación de calor	Reemplazo de la caldera de combustible fósil por caldera que quema biomasa
Electricidad que es abastecida por la red nacional	Con la incorporación de la caldera de biomasa el gasto se reducirá
Mayores emisiones de CO <sub>2</sub>	Menores emisiones de CO <sub>2</sub>

Cuadro 3. Recursos para la generación de energía a base de biomasa

<b>Tipo</b>	<b>Recurso de biomasa</b>
Residuos de agricultura	Residuos de cultivos (hortalizas)
Biomasa de madera	De bosques (árboles descartados, árboles no aprovechados, residuos de raleo) Residuos de aserraderos

**2.1.2.3 Métodos de conversión de la biomasa en energía, aplicabilidad y ventajas ambientales.** Los métodos de conversión de la biomasa son termoquímicos, pirólisis y biológicos. Los métodos termoquímicos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están bien adaptados al caso de la biomasa seca, y en particular, a los de la paja y de la madera. La combustión, oxidación de la biomasa por el oxígeno del aire, libera simplemente agua y gas carbónico, y puede servir para la calefacción doméstica y para la producción de calor industrial.

La pirólisis es una combustión incompleta de la biomasa en ausencia de oxígeno, a unos 500 grados centígrados, se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. Aparte de este, la pirólisis lleva a la liberación de un gas pobre, mezcla de monóxido y dióxido de carbono, de hidrógeno y de hidrocarburos ligeros. Este gas, de débil poder calórico, puede servir para accionar motores diesel, o para producir electricidad, o para mover vehículos. Una variante de la pirólisis, llamada pirólisis flash, llevada a 1000 grados centígrados en menos de un segundo, tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa. De todas formas, la gasificación total puede obtenerse mediante una oxidación parcial de los productos no gaseosos de la pirólisis. Las instalaciones en la que se realizan la pirólisis y la gasificación de la biomasa reciben el nombre de gasógenos. El gas pobre producido puede utilizarse directamente como se indica antes, o bien servir la base para la síntesis de un alcohol muy importante, el metanol, que podría sustituir las gasolinas para la alimentación de los motores de explosión (carburol).

Los métodos biológicos se relacionan con la fermentación alcohólica que es una técnica empleada desde muy antiguo con los azúcares y puede utilizarse también con la celulosa y el almidón, a condición de realizar una hidrólisis previa (en medio ácido) de estas dos sustancias. Pero la destilación, que permite obtener alcohol etílico prácticamente anhidro, es una operación muy costosa en energía. La fermentación es la digestión anaerobia de la biomasa por bacteria. Es idónea para la transformación de la biomasa húmeda (más del 75% de humedad relativa). En los fermentadores, o digestiones, la celulosa es

esencialmente la sustancia que se degrada en un gas, que contiene alrededor de 60% de metano y 40% de gas carbónico.

Económicamente la biomasa un potencial económico importante especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, dado que en ellas se da las condiciones más idóneas para el desarrollo de los vegetales. Los organismos fotosintéticos, tanto terrestres como marinos, pueden ser considerados como convertidores continuos de la energía solar, y por consiguiente renovables, en materia orgánica. Las plantas fijan anualmente mediante la fotosíntesis una cantidad de carbono equivalente en energía a 21021 julios, que equivalen aproximadamente a 10 veces el consumo mundial de energía y aproximadamente a 200 veces la energía consumida en forma de alimentos.

La aplicación de la biomasa en para la producción eléctrica puede ser generada partir de un número de fuentes de biomasa y al ser una forma de energía renovable se la puede clasificar como "energía verde". La producción de electricidad a partir de fuentes renovables de biomasa no contribuye al efecto invernadero ya que el dióxido de carbono liberado por la biomasa cuando es quemado, (directa o indirectamente después de que se produzca un biocombustibles) es igual al dióxido de carbono absorbido por el material de la biomasa durante su crecimiento.

La combustión de la biomasa o de biogás puede utilizarse para generar calor y vapor. El calor puede ser el producto principal, en usos tales como calefacción de hogares y cocinar, o puede ser un subproducto de la producción eléctrica en centrales combinadas de calor y energía. El vapor generado por la biomasa puede utilizarse para accionar turbinas de vapor para la producción eléctrica, utilizarse como calor de proceso en una fábrica o planta de procesamiento, o utilizarse para mantener un flujo de agua caliente.

La combustión de la biomasa conlleva a las siguientes ventajas ambientales:

- La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye al calentamiento global. De hecho, produce una reducción los niveles atmosféricos del bióxido de carbono, como actúa como recipiente y el carbón del suelo puede aumentar.
- Los combustibles de biomasa tienen un contenido insignificante de azufre y por lo tanto no contribuyen a las emisiones de dióxido de azufre que causan la lluvia ácida. La combustión de la biomasa produce generalmente menos ceniza que la combustión del carbón, y la ceniza producida se puede utilizar como complemento del suelo en granjas para reciclar compuestos tales como fósforo y potasio.
- La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura, y la basura sólida municipal para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura, particularmente en áreas municipales.
- La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o a por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados. En países en vías de desarrollo en particular, el uso de biocombustibles líquidos, tales como biodiesel y etanol, reduce las presiones económicas causadas por la importación de productos de petróleo.

- Los cultivos para energía perennes (las hierbas y los árboles) tienen consecuencias para el medio ambiente más bajas que los cultivos agrícolas convencionales.

### 2.1.3 Energía solar

La energía solar es la energía obtenida directamente del sol, la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos la absorción de la radiación en intervalos de longitud de onda específicos por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por las partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación.

La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse por su capacidad para calentar o directamente a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde. Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad. Los paneles solares son dispositivos que aprovechan la energía que nos llega a la tierra en forma de radiación solar la transforman directamente la energía del sol en energía eléctrica.

La energía solar se puede transformar directamente de la energía del sol en energía eléctrica. Puede una parte del espectro electromagnético de la energía del sol producir calor, la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos. Otra alternativa de transformación parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad, la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

La energía solar fotovoltaica se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

Es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos.

Los paneles solares fotovoltaicos cada vez son más eficientes, se han desarrollado paneles fotovoltaicos de 40% de eficiencia, o sea que convierten ese porcentaje de la luz que reciben en electricidad. Este porcentaje sería un record en la energía solar a partir de paneles fotovoltaicos.

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacena

Las características de este tipo de sistemas, son:

- Mejor calidad en el suministro de energía eléctrica.  
Los sistemas centralizados proveen energía de gran calidad gracias a la utilización de inversores de mayor calidad.
- Mayor robustez del sistema.  
Los equipos utilizados en los sistemas centralizados son construidos especialmente para resistir incrementos breves, pero intensos, de demanda de energía eléctrica. También, estos sistemas poseen protecciones contra descargas atmosféricas, contra abuso de la capacidad de los sistemas, alarmas contra sobre descarga, protecciones contra cortocircuitos, etc.
- Menor costo de la energía.  
La cualidad más importante de los sistemas fotovoltaicos centralizados, e interesante desde el punto de vista económico, es que permiten obtener energía a un costo más bajo que el de aquella que se obtiene con sistemas individuales.
- Menor impacto ambiental  
Otra ventaja de los sistemas centralizados es su bajo impacto ambiental.

La captación de energía solar para el aprovechamiento y generación de energía eléctrica conlleva a las siguientes ventajas ambientales:

- El área de América Central dispone de abundante radiación solar.
- La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años).
- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles para las poblaciones rurales y se espera que sigan bajando.
- La tecnología de equipos y sistemas fotovoltaicos ha alcanzado un grado de madurez que posibilita su utilización para resolver confiablemente los problemas energéticos de nuestros países.
- En los siete países de América Central ya existen distribuidores de equipos fotovoltaicos que ofrecen sus productos y la instalación de los mismos.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

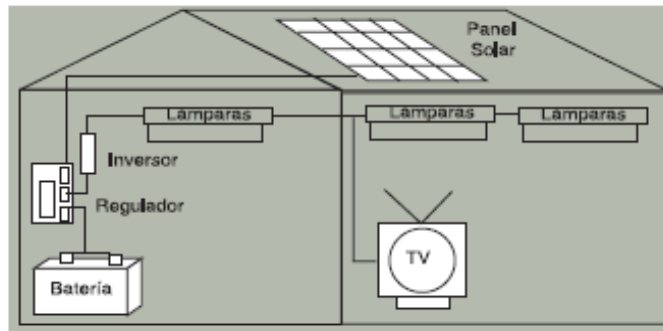


Figura 2. Esquema simple de un sistema fotovoltaico

Figura 3. Esquema de un sistema fotovoltaico (Manual sobre energía solar, 2005)

#### 2.1.4 Eficiencia energética

La demanda y consumo de energía están tan estrechamente relacionados al desarrollo de alternativas de energía renovables y al cambio de conducta de altos consumo en las empresas e industrias. Las fuentes renovables son una oportunidad de eficiencias energéticas que se pueden implementar tales como: energía hidráulica, energía solar, biomasa y geotermia.

Estas diferentes alternativas de eficiencias energéticas conllevan a varios beneficios, entre ellos el uso eficiente de energía, el ahorro importante en el consumo de gas, el aumento de la vida útil de los equipos y una menor contaminación por gases de combustible.

El ahorro de energía o eficiencia energética es una práctica empleada con el objetivo de disminuir su desperdicio sin comprometer a la producción. Es una optimización del consumo de energía, esta práctica beneficia al capital financiero, ambiental, seguridad nacional, seguridad personal y confort humano.

La iluminación eléctrica representa un componente a considerar, muchas veces las instalaciones eléctricas suele suponer entre el 18 % y el 20% del consumo, en algunos casos basta con una actitud preventiva.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevo a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, específicamente en la Planta de Lácteos de dicha institución.

#### 3.1 Materiales

Los diferentes materiales utilizados fueron para la toma de datos en la trampa de grasa de lácteos

- Correntómetro con el cual se toma la medida de las revoluciones por minuto
- Cinta adhesiva
- Cinta métrica
- Recipientes plásticos para muestras
- Lápiz
- Guantes de látex
- Marcador
- Cronómetro p
- Hielos
- Hielera
- Estación meteorológica de Zamorano para la recopilación de la temperatura y radiación solar histórica

#### 3.2 Métodos

Para la realización del estudio se determinaron, si los métodos utilizados tienen las características necesarias para suplir la demanda energética en la planta de lácteos, el primer paso fue la toma de datos del medidor central de energía de la planta de lácteos (Ecuación 1) y luego se realizó para poder establecer el consumo diario por cada hora por medio de la potencia de todos los equipos en la planta, en el horario de producción de la planta de lácteos (Ecuación 2).

Medición de corriente con amperímetro

$$\text{Kwh} - \text{dia} = \frac{\text{voltios} \times \text{Amperios} \times \text{HorasUso}}{1000} \quad [1]$$



## Inventario de maquinaria

$$\text{kwh} - \text{día} = K_w \times \text{HorasUso} \quad [2]$$

La información recopilada fue medida en una semana típica de producción, en sus dos jornadas (mañana y tarde) y en el turno de fin de semana para tener una visión amplia de todas las actividades de la planta de lácteos.

### 3.3.1 Determinación de biogás

Para la determinación del biogás fueron necesarias las variables: caudal del efluente residual, la demanda química de oxígeno (DQO), los factores de degradación y los factores de emisión.

La trampa de grasa fue el principal instrumento que permitió realizar una estimación de la producción de metano y las cantidades de materia orgánica que eran vertidas procedentes de los del afluente de la Planta de Lácteos. Para el cumplimiento del objetivo, se recopilaban datos que procedían de la metodología de aforo de caudales y la utilización del correntómetro para medir las revoluciones por minuto que brinda la rapidez con la que las aguas residuales salían de la trampa de grasa. La aforación se realizó durante siete días en la jornada de producción (mañana y tarde) de la Planta de Lácteos, durante intervalos de una hora. Se hizo una recolección en frascos para obtener una muestra del agua residual. Luego de haber tomado los datos de los caudales, se evaluó la carga orgánica con el parámetro de DQO, se prosiguió a incluirlos a una base de datos, los caudales estaban diferenciados por día y hora, se definió el área hidráulica con ayuda de Autocad por medio de la profundidad de la lamina de agua y de la tubería de desagüe que contenía los desechos de producción de la planta, además se mantuvo en consideración el ancho de la tubería pvc que tiene un diámetro de 6pulg.

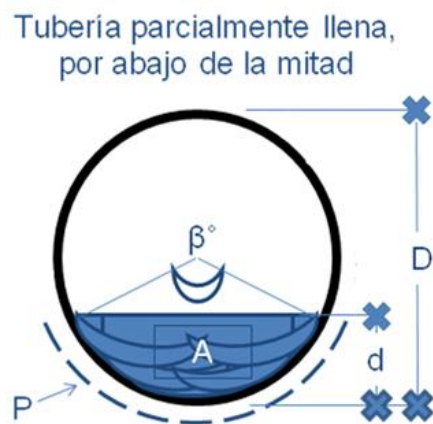


Figura 4. Tubería parcialmente llena, por bajo la mitad.  
Representación de la tubería de desagüe de la Planta de Lácteo

Ecuación del caudal: para aguas residuales de la metodología de Cambio Climático:

$$Q = \frac{1}{n} A^{2/3} S^{1/2} \quad [3]$$

Área Hidráulica

1 cm----- 0.0005

2 cm----- 0.0014

3 cm ----- 0.0025

Ecuación del caudal: uso del correntometro

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = (RPM \times 0.000854 + 0.05) \quad [4]$$

Ecuación: para obtener los litros exactos de las aguas residuales

$$Q\left(\frac{l}{s}\right) = \left(Q\left(\frac{m^3}{s}\right) \times 1000\right) \quad [5]$$

Se estimó mediante la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático las directrices del IPCC describen un solo método para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes del tratamiento de las aguas residuales domésticas. Las emisiones están en función del volumen de desechos generados y de un factor de emisión que caracteriza la medida en que tales desechos generan CH<sub>4</sub>. La ecuación general simplificada que describe el método es la siguiente:

$$WM = Q \times DQO \times SBF \times FE \times FTA \quad [6]$$

WM= emisión anual de CH<sub>4</sub> procedentes de aguas

Q= caudal L/días

DQO= demanda química de oxígeno Kg/L

SBF=fracción de DQO que se sedimenta rápidamente 0.5

FE=factor de emisión 0.25 de CH<sub>4</sub>/ Kg de DQO

FTA= fracción de DQO presente en lodos que se degradan anaeróbicamente 1

Cuadro 4. Aforo de caudal de un día en la Planta de Lácteos

	Hrs	Profundidad	Ancho	Velocidad m/s	Área hidráulica	Q=m <sup>3</sup> /segundo	Q=litros	l/hrs
1	7am	2cm	6pulg	0.55	0.0014	0.00077	0.77	2787
2	8am	2cm	6pulg	0.52	0.0014	0.00073	0.74	2662
3	9am	2cm	6pulg	0.48	0.0014	0.00066	0.66	2391
4	10am	3cm	6pulg	0.43	0.0025	0.00107	1.08	3886
5	11am	3cm	6pulg	0.37	0.0025	0.00092	0.93	3332
6	12am	3cm	6pulg	0.47	0.0025	0.00119	1.19	4293
7	1pm	2cm	6pulg	0.48	0.0014	0.00065	0.66	2370
8	2pm	2cm	6pulg	0.40	0.0014	0.00054	0.55	1969
9	3pm	2cm	6pulg	0.34	0.0014	0.00048	0.48	1733
10	4pm	1cm	6pulg	0.23	0.0005	0.00011	0.12	422

### 3.3.2 Energía fotovoltaica

Se recopilaron los datos de los tres últimos años de la Estación Climatológica de Zamorano, brindados por la Unidad de Maquinaria y Riego y la medición de 630m<sup>2</sup>. Los principales datos fueron la recopilación del promedio anual y mensual de la temperatura °C y radicación solar en Kwh/m<sup>2</sup>.

Se utilizó la metodología del modelo de análisis de energía limpia y de la ingeniería de Retscreen de Canadá, un simulador del cual se puede obtener con mayor exactitud la cantidad de paneles solares requeridos para suplir la demanda energética que necesita la Planta de Lácteos

Este simulador de energía esta condensando en una serie de ecuaciones dependiendo del área, zona, clima y porcentaje de radiación

### 3.3.3 Biomasa

Se evaluó la sustitución del diesel utilizado como combustible en la caldera por fuentes de biomasa. La caldera mantuvo un consumo de diesel de 15,266 galones durante el año 2007, se determino el consumo de vapor de la planta para saber cuál es la energía necesaria que ocupa la caldera y con esta información se prosiguió a establecer si el aserradero de la Unidad de Forestales podrán garantizar la materia prima una vez establecido el costo y el tamaño de la caldera de consumo de biomasa que se necesitara para suplir en porcentaje el consumo de energía eléctrica.

Ecuación para obtener el cálculo del potencial energético del aserrín

$$\text{kcal/hrs} = \frac{(\text{kcal})}{\text{kcalBiomasa a}} \times \frac{\text{kcalBiomasa a}}{24 \text{ dia}} \quad [7]$$

$$Kw = \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \times 0.001163 \quad [8]$$

### 3.3.4 Eficiencia Energética

Se realizó un inventario de la maquinaria existente dentro de la planta, al permanecer fuera de operación, para determinar el desperdicio de energía eléctrica y un inventario físico de las luminarias fluorescentes T12 (40 y 20 Watts) actuales dentro de la Planta de Lácteos para realizar la consideración del reemplazo a lámparas fluorescentes más eficientes T8 (32 y 17 Watts) obtener un ahorro en el gasto de energía.

La metodología utilizada fue la realización del el inventario de la maquinaria para obtener un dato del gasto en potencia de la maquinaria en Kw. y amperios, durante sus horas apagadas o fuera de horario de producción de la Planta Lácteos. Una vez obtenido el dato de los amperios de cada maquinaria, se utilizo la ecuación 9, para poder determinar el gasto en Kwh- día y si la maquinaria fuera de operación aun continuaba presentando consumo

$$Kwh - \text{día} = \frac{\text{voltios} \times \text{Amperios} \times \text{HrSinOperacion}}{1000} \quad [9]$$

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Demanda energética

Cuadro 5. Demanda horario Kwh.

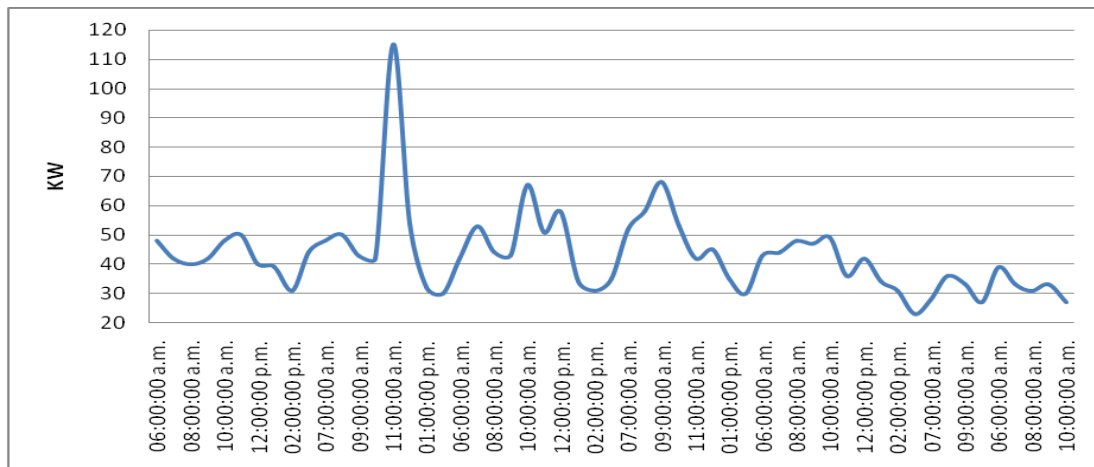
Máximo horario	Mínimo horario	Promedio
115 Kw	23 Kw	43kw

Cuadro 6. Demanda diario durante el horario de producción.

Máximo diario	Mínimo diario	Promedio
458Kwh- día	163Kwh - día	366kwh –día

Cuadro 7. Demanda diaria total.

Máximo diario	Mínimo diario	Promedio
804Kwh- día	294Kw- día	564kwh- día

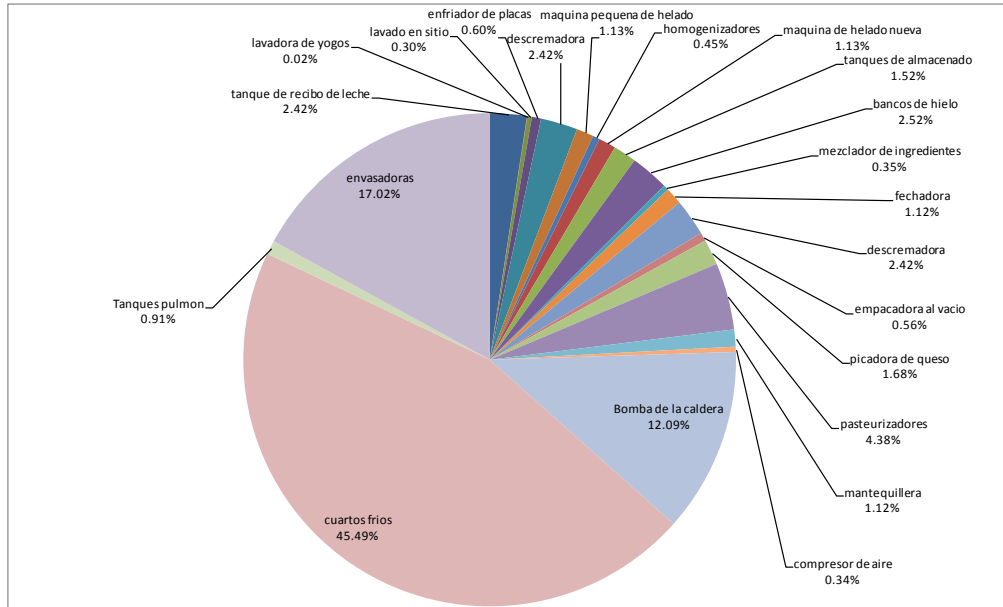


Gráfica 1. Curva de carga de la Planta de Lácteos

La planta de lácteos presentó un máximo de consumo en Kw. durante las horas de producción de la mañana entre 8 y 10 am

Cuadro 8. Inventario de maquinaria.

<b>Maquinaria</b>	<b>Kwh-día</b>
Tanque de recibo de leche	11.9
Lavadora de yogos	0.1
Lavado en sitio	1.5
Enfriador de placas	3.0
Descremadora	11.9
Maquina pequeña de helado	5.6
Homogenizadores	2.2
Maquina de helado nueva	5.6
Tanques de almacenado	7.5
Bancos de hielo	12.4
Mezclador de ingredientes	1.7
Fechadora	5.5
Descremadora	11.9
Empacadora al vacio	2.8
Picadora de queso	8.3
Pasteurizadores	21.6
Mantequillera	5.5
Compresor de aire	1.7
Bomba de la caldera	59.7
Cuartos fríos	224.5
Tanques pulmón	4.5
Envasadoras	84.0
<b>TOTAL</b>	<b>494</b>



Gráfica 2. Inventario de maquinaria

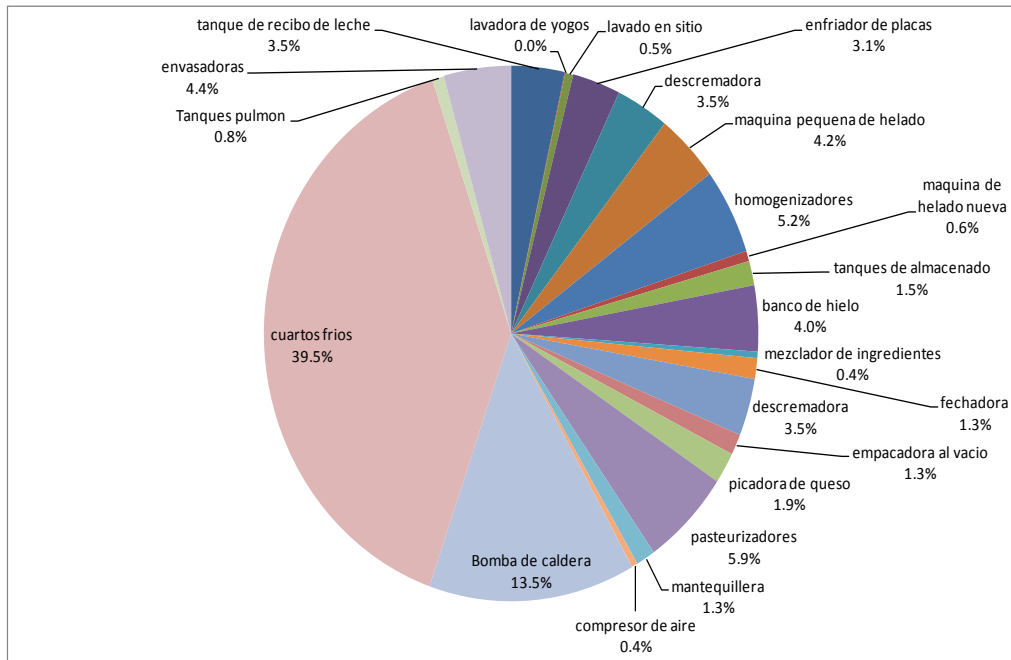
El gráfico representa las maquinarias que con mayores demandas en potencia, tomada la lectura de HP (potencia) directamente de las diferentes máquinas. Los más representativos fueron: cuartos fríos 45%, envasadoras 17% y la potencia de caldera con un 12%.

Medición de corriente con amperímetro.

Cuadro 9. Inventario de maquinaria por amperímetro.

<b>Maquinaria</b>	<b>Kwh-día</b>
Tanque de recibo de leche	15.3
Lavadora de yogos	0.2
Lavado en sitio	2.3
Enfriador de placas	13.8
Descremadora	15.3
Maquina pequeña de helado	18.4
Homogenizadores	22.8
Maquina de helado nueva	2.8
Tanques de almacenado	6.5
Banco de hielo	17.5
Mezclador de ingredientes	1.7
Fechadora	5.5
Descremadora	15.3
Empacadora al vacío	5.5
Picadora de queso	8.3
Pasteurizadores	26.0
Mantequillera	5.5
Compresor de aire	1.7
Bomba de caldera	59.3
Cuartos fríos	173.9
Tanques pulmón	3.4
Envasadoras	19.3
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>





Gráfica 3 Medición de corriente con amperímetro

El gráfico representa el consumo de las maquinarias en los amperios, medidos por un amperímetro, que se obtuvo de la carga de potencia de la Planta de Lácteos. Las maquinarias que presentaron un mayor porcentaje de consumo en demanda de energía fueron: cuartos fríos con 39%, medición la caldera con 13% y los homogenizadores con 5%.

## 4.2 Estimación de biogás

Cuadro 10. Resumen de resultado de lácteos.

<b>Julio-Agosto</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado-domingo</b>	<b>Puntual</b>
DQO(mg/l)	4755	1036	4004	951	750	750	288
NTK (mg/l)	86	47	79	39	41	23	1.18
Sólido totales (mg/l)	3253	1797	2771	931	758	678	357
Sólido totales volátiles (mg/l)	2075	1337	1790	691	613	535	229
Sólido suspendidos totales (mg/l)	755	753	217	150	130	190	33
Sólidos suspendidos volátiles (mg/l)	685	665	177	110	120		
Sólidos sedimentados (ml/l/h)	1.5	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1

Cuadro 11. Resultado de aforo.

<b>Día</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>Caudal m<sup>3</sup>/ día)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (kg/ día )</b>	<b>Kwh- día</b>
Lunes	4756	26	15	235
Martes	1036	16	2.12	32
Miércoles	4004	17	8	132
Jueves	951	24	2	44
Viernes	759	22	2	31
Sábado – domingo	519	6	1	8
Promedio	1792	16	5	69

La trampa de grasa cuentan con un tiempo de retención hidráulica de 2.20 días en las condiciones actuales y genera un caudal por mes de 444.83 m<sup>3</sup>. Para que la trampa de grasa pueda generar un promedio de 5 CH<sub>4</sub> (kg/ día) se requiere construir un biodigestor más amplio que las dimensiones de la trampa de grasa, que cuente con una retención de 30 días para que el metano se pueda estabilizar y genere suficiente energía eléctrica como le sea posible.

### 4.3 Estimación de biomasa

Cuadro 12. Consumo de Diesel en la caldera de la Planta de Lácteos.

	<b>Diesel (gal)</b>	<b>Kwh- año</b>	<b>Mwh- año</b>	<b>Tonelada de madera</b>
2004	15557	594951	595	214
2005	15729	602095	602	217
2006	7968	305033	305	110
2007	15266	504349	584	210

El cuadro 10 representa el consumo de combustible durante los últimos 4 años de la caldera de la Planta de Lácteos y la conversión equivalente en galones de diesel a tonelada y las toneladas de madera requerida por la caldera biomasa para la generación de calor y vapor para los productos de la Planta de Lácteos.

Cuadro 13 Oferta de aserrín de la unidad de forestales

<b>Aserrín</b>	<b>Unidades</b>
525	Toneladas
525,000	Kcal/año
3200	Kcal/kg
223	Kw
0.22	Mw
1953	Mwh/ año

La Unidad de Forestales ofrece en promedio al año de 525 toneladas de aserrín, obteniendo 1,953 Mwh/año, siendo una ventaja muy favorable ya que suple las 210 toneladas de energía que necesita la caldera de diesel por la sustitución de la caldera de biomasa

#### 4.4 Energía fotovoltaica

Cuadro 14 Radiación solar

Mes	Promedio mensual-diario de la radiación superficial (Kwh/m <sup>2</sup> /d)	Promedio mensual de temperatura (°C)	Promedio mensual diario de radiación del plano fotovoltaico
Enero	3.90	21.4	4.53
Febrero	4.71	21.7	5.16
Marzo	5.23	22.6	5.26
Abril	5.39	24.5	4.94
Mayo	5.20	25.3	4.46
Junio	4.95	23.6	4.13
Julio	4.63	22.9	3.95
Agosto	4.68	23.7	4.20
Septiembre	5.13	23.3	4.97
Octubre	4.48	22.7	4.74
Noviembre	3.95	21.2	4.50
Diciembre	3.86	21.4	4.60

Cuadro 15. Promedio de los últimos 3 años de temperatura y radiación solar de la estación climatológica de Zamorano.

Mes	Temperatura (°C)	Radiación Kwh /m <sup>2</sup>
Enero	21	4
Febrero	21	5
Marzo	23	5
Abril	24	5
Mayo	25	5
Junio	23	5
Julio	22	5
Agosto	24	5
Septiembre	23	5
Octubre	21	5
Noviembre	21	4
Diciembre	21	4
Promedio	22	5

Con la aplicación del Modelo RETScreen® International y los datos que se obtuvieron de la estación climatológica y la estimación de un área de 630m<sup>2</sup> resultado: que la Planta de Lácteos necesita 435 paneles solares que generaran una potencia de 71.78 Kw., produciendo un total de energía de 96.47 Mwh – año.

#### 4.5 Eficiencia energética

Evaluación de la sustitución de las lámparas fluorescentes por lámparas ahorrativas.

Cuadro 16. Lámparas actuales T12.

<b>Watt/ lámpara</b>	<b>Total lámparas</b>	<b>Watt</b>	<b>Kw</b>	<b>Hora/ semana</b>	<b>Horas/ año</b>	<b>Kwh-año</b>	<b>Costo (\$/año)</b>
40	140	5600	5.60	50	2600	1450	2,184
20	1	20	0.02	50	2600	52	7.8

Cuadro 17. Lámparas con eficiente energética T8.

<b>Watts/ lámpara</b>	<b>Total lámparas</b>	<b>Watt</b>	<b>Kw</b>	<b>Hora /semana</b>	<b>Hora/ Año</b>	<b>Kwh-año</b>	<b>Costo (\$/año)</b>
32	140	4480	4.48	50	2600	11648	1,74
17	1	17	0.02	50	2600	44.2	6.63

La Planta de Lácteos actualmente cuenta con 140 lámparas individuales y un total de 70 balastos, lo cual se encuentran distribuidos en toda el área de producción, bodegas, cuartos fríos, sanitarios, oficinas, recibo, despacho, pasillos y comedor.

Cuadro 18 Eficiencia energética.

<b>Watts/lámpara</b>	<b>Ahorro Kwh – año</b>	<b>Costo (\$/año)</b>
Sustitución de 40 Watt	2912	437
Sustitución de 20 Watt	7.8	1.17
Eficiencia total	2920	438

Con el remplazo de las lámparas T12 por lámparas T8 se tendría una ganancia de \$ 430 al año y un ahorro de 14612 Kwh-año.

#### 4.6 Escenarios

Evaluando la información que el estudio ha brindado se evaluaron cuatro diferentes escenarios que favorecerán la oferta energética para suplir la demanda energética en la Planta de Lácteos.

Primer escenario

Cuadro 19. Medición diaria y horaria del registro de electricidad de la Planta de Lácteos.

Periodo	Demanda			Oferta								Eficiencia Energética			Oferta total de energía renovable
				Biogás				Solar							
	Kwh - día	Kwh - mes	Mwh - año	Kwh - día	Kwh - mes	Mwh - año	%	Kwh - día	Kwh - mes	Mwh - año	%	Kwh - año	Mwh - año	%	
Lunes	530	15900	190	235	7050	85	44%	268	8039	96	51%	2920	3	1.5%	<b>72%</b>
Martes	798	23940	287	32	960	11	4%	268	8039	96	34%	2920	3	1.0%	
Miércoles	804	24120	289	132	3960	47	16%	268	8039	96	33%	2920	3	1.0%	
Jueves	557	16710	200	44	1320	15	8%	268	8039	96	48%	2920	3	1.5%	
Viernes	347	10410	124	31	930	11	9%	268	8039	96	77%	2920	3	2.3%	
Sábado	294	8820	105	8	240	3	3%	268	8039	96	91%	2920	3	2.7%	
Domingo	363	10890	130	0.1	3	0.036	0.03%	268	8039	96	74%	2920	3	2.2%	
Promedio	528	15827	190	69	2066	25	<b>12%</b>	268	8039	96	<b>58%</b>	2920	3	<b>1.8%</b>	

El primer escenario presento una demanda de 190Mw-año resultado que se obtuvo a través de la medición diaria y horaria del medidor de la planta de lácteos, en donde la oferta de biogás suplirá un 12%, la oferta solar, 58% y la oferta de eficiencia energética un ahorro del 1.8%, resultando una oferta total de energía renovable de 72%.

Segundo escenario  
Cuadro 20. Medición mensual de la Planta de Lácteos.

Periodo	Demanda		Oferta										Oferta Total Energía Renovable
			Biogás				Solar			Eficiencia Energética			
	Kwh mes	Mwh año	Kwh semana	Kwh mes	Mwh año	%	Kwh mes	Mwh año	%	Kwh año	Mwh año	%	
Junio	24176	290	482	1928	23	8%	8039	96	33%	2920	3	1%	<b>44%</b>
Julio	22582	271	482	1928	23	9%	8039	96	36%	2920	3	1%	
Agosto	23825	286	482	1928	23	8%	8039	96	34%	2920	3	1%	
Septiembre	22075	265	482	1928	23	9%	8039	96	36%	2920	3	1%	
Promedio	23164	278	482	1928	23	<b>8%</b>	8039	96	<b>35%</b>	2920	3	<b>1%</b>	

El segundo escenario presenta una demanda de 278 Mwh-año, dato que se obtuvo por medio del equipo de mantenimiento de Zamorano, el cual brindó las lecturas de 4 meses del medidor de energía de la Planta de Lácteos, ofreciendo una oferta de biogás que brindaría un 8%, la oferta solar de 35% y un ahorro en eficiencia energética de 1.0%, resultando un total de oferta de energía renovable un 44%.

Tercer escenario

Cuadro 21. Medición de potencia de maquinaria con amperímetro.

Periodo	Demanda			Oferta										Oferta de Energía Renovable
				Biogás				Solar			Eficiencia Energética			
	Kwh día	Kwh Mes	Mwh año	Kwh día	Kwh mes	Mwh Año	%	Kwh mes	Mwh año	%	Kwh año	Mwh año	%	
1 día	440	13200	158	235	7050	85	<b>53%</b>	8039	96	<b>61%</b>	2920	2.92	<b>1.8%</b>	<b>116%</b>

El tercer escenario presento una demanda de 158 Mwh - año, resultado que se obtuvo por medio de las lecturas del amperímetro en los paneles eléctricos de la Planta de Lácteos y en donde la oferta de biogás suplirá un 53%, la oferta solar podría suplir un 61% y con un beneficio en ahorro de 1.8% en eficiencia energética, resultando una oferta total de energía renovable del 116%.



Cuarto escenario

Cuadro 22. Potencias máximas de equipo.

Periodo	Demanda			Oferta										Oferta Total Energía Renovable
				Biogás				Solar			Eficiencia Energética			
	Kwh día	Kwh Mes	Mwh año	Kwh día	Kwh mes	Mwh año	%	Kwh mes	Mwh año	%	Kwh año	Mwh año	%	
1 día	494	14820	178	235	7050	85	<b>48%</b>	8039	96	<b>54%</b>	2920	2.92	<b>1.64%</b>	<b>103%</b>

El cuarto escenario resulto del inventario de la maquinaria de la Planta de Lácteos determinado por su potencia en Kw, de la demanda que se registro fue de las horas uso de la maquinaria en horas de producción. La potencia fue 178 Mwh- año, bajo este escenario la oferta de biogás representa un 48%, la oferta solar un 54% y un ahorro en eficiencia energética de 1.64%, con un total en energía renovable de 103%.

Cuadro 23. Presupuesto

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario US\$</b>	<b>Total(US\$)</b>
Proyecto Biogás				
Excavación	m3	579	4	2,284
Geomembrana	m2	442	6.5	2,873
Motor y generador	Kw	30	1956	58,680
Tubería	ML	30	79	2,370
Detector H <sub>2</sub> S	Total	1	4,000	4,000
Remoción H <sub>2</sub> S	Total	1	6,000	6,000
Medición Automatizada	Total	1	20,000	20,000
Contingencias				9,621

**BIOGAS TOTAL US\$ 105,827**

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario US\$</b>	<b>Total (US\$)</b>
Proyecto Solar				
Equipo	watts	72000	5	360,000
Contingencias				36,000

**SOLAR TOTAL US\$ 396,000**

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario US\$</b>	<b>Total (US\$)</b>
Proyecto Caldera de Biomasa				
Equipo	Kw	30	2000	60,000
Contingencias				6,000

**BIOMASA TOTAL US\$ 66,000**

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario US\$</b>	<b>Total (US\$)</b>
Iluminación				
Lámparas fluorescentes T8 / 32W	Unitario	70	57	3,979
Lámparas fluorescentes T8 / 17W	Unitario	1	9	9
Contingencias				399

**ILUMINACION TOTAL US\$ 4,387**

**TOTAL INVERSION**

**572,214**

Cuadro 24. Análisis financiero

<b>Descripción / años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Inversión	572,214					
Reducción anual de energía (Kwh - año)	123,920					
Costo energía \$/Kwh	0.15					
Ahorro de energía (US\$)	18,588					
Ahorro de diesel (Galones)	15,266					
Precio del galón de diesel (\$/galones)	3.91					
Ahorro de combustible (US\$)	59,682					
Reducción Anual CO <sub>2</sub> (TON)	209					
Valor Créditos CO <sub>2</sub> (\$/TON)	17.53					
Créditos por reducción de CO <sub>2</sub> (US\$)	3,668					
Ahorro de recursos		81,938	81,938	81,938	81,938	81,938
Operación y mantenimiento		28,611	28,611	28,611	28,611	28,611
Depreciación		19,074	19,074	19,074	19,074	19,074
Utilidad anual		34,254	34,254	34,254	34,254	34,254
Flujo de efectivo	-572,214	53,327	53,327	53,327	53,327	53,327
VAN	<b>\$ -362,070</b>					
TIR	<b>-21%</b>					
Periodo de recuperación (Años)	<b>7</b>					
Relación Beneficio/Costo	<b>0.47</b>					
Tasa de descuento	<b>8.50%</b>					

El análisis financiero con una inversión total de US\$572, 214, sujeta a la descripción de cada proyecto, resulto tener una VAN negativa y 7 años de recuperación, por lo que no es un proyecto rentable el implementar las alternativas de energía renovable propuestas en este estudio.

De igual forma se realizó un análisis financiero para cada una de las alternativas propuestas, para poder determinar la rentabilidad de cada una en la Planta de Lácteos, como resultado se obtuvo que la mejor alternativa con una rentabilidad positiva, un bajo

costo de inversión y la disponibilidad del recurso de aserrín para el funcionamiento del equipo y con un 1 año de periodo de recuperación de la inversión es la opción de la caldera de biomasa, que generaría calor y vapor.

El criterio de beneficio costo del análisis financiero no solo se considero aspectos puramente lucrativos, como es el cálculo de la rentabilidad, sino que involucro otros elementos de repercusiones ambientales, como es el lograr el máximo de producción con el mínimo de consumo de recursos y la reducción de la factura eléctrica.

Para realizar este análisis fue necesario además conocer los costos de implementar la extracción del biogás en la trampa de grasa, el costo de colocar en la azotea los paneles solares o evaluar una zona de 630m<sup>2</sup> cerca de las instalaciones de la Planta de Lácteos, contar con la evaluación de sustituir la caldera de diesel por una que funcione a partir de la combustión por biomasa y el costo del aserrín, la sustitución de las lámparas T12 por lámparas T8 que son más eficientes en consumo de energía y el beneficio ambiental que tendría la Planta de Lácteos con la incorporación de esta tecnología más limpia, que no solo le ayudara a reducir sus costos de gastos de energía, además obtendría crédito por reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y la implementación de estas alternativas en una institución de enseñanza a nivel Latinoamericano.

### **Los métodos dinámicos**

- Plazo de recuperación.
- El Valor Actual Neto (VAN.)
- La Tasa de Rentabilidad Interna (TIR.)
- En realidad estos tres métodos son complementarios, puesto que cada uno de ellos aclara o contempla un aspecto diferente del problema. Usados simultáneamente, pueden dar una visión más completa.

**El Valor Actual Neto. (VAN).** Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable.

**Tasa Interna de Rentabilidad (TIR.).** Conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor

**El Cash-Flow actualizado (taza de recuperación).** Permite calcular el tiempo que retorna el costo de inversión al capital original.

## Potencial de créditos por reducción de emisiones (CER'S)

Cuadro 25. Créditos por reducción de carbono.

<b>Proyecto energético</b>	<b>Toneladas de CO<sub>2</sub> / Mwh</b>	<b>Mwh-año</b>	<b>Toneladas de CH<sub>4</sub> / año</b>	<b>Reducción anula (toneladas de CO<sub>2</sub>)</b>	<b>US\$/ toneladas de CO<sub>2</sub></b>	<b>Ingreso anual (US\$)</b>
Biogás		25	0.18		17.60	67
Energía fotovoltaica	0.97	96		63.70	17.60	1,116
Biomasa		262		139.64	17.60	2,448
Eficiencia energética	1.06	3		2.12	17.60	37
<b>TOTAL</b>		386		209		3,668

Con la obtención de los créditos por reducción de emisiones en captación de carbono se obtendrá un ahorro de US\$ 3, 668 anuales y la acreditación de Zamorano por implementar medidas ambientales.

## 5 CONCLUSIONES

A través del estudio de la evaluación para la implementación de alternativas de cogeneración a través de energías renovables para reducir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Lácteos, determino las siguientes conclusiones:

Las demandas mínimas de la Planta de lácteos se determinaron mediante mediciones de corriente y voltaje en el centro de carga, encontrando un consumo de 158 Mwh – año (3.5% del consumo de Zamorano), sin embargo se observo a través de los registros mensuales de energía un consumo de 278 Mwh- año (6.1% del consumo de Zamorano) bajo condiciones reales de operación.

Con la determinación del potencial energético mediante la aplicación de tecnología fotovoltaica y un área de 630 m<sup>2</sup>, se alcanzaría una potencia de 71.78 Kw que constituye una generación anual de 96 Mwh - año. Bajo el escenario más conservador se supliría el 35% de la demanda, sin embargo, un escenario optimista manifiesta una generación del 61%.

Mediante el aprovechamiento del biogás como fuente de energía se suplirían 25 Mwh-año. Bajo el escenario más conservador esto constituye el 8% de la demanda, sin embargo, un escenario optimista manifiesta un 53%.

A través del consumo actual de 15,266 galones de diesel en el año 2007 se emitieron 155.86 Toneladas de CO<sub>2</sub>. Al implementar una caldera de biomasa se demandarían 210 toneladas de aserrín por año, que representa una demanda menor a la disponible en la Unidad de Forestales de 525 toneladas por año.

Mediante el escenario más crítico se espera suplir al menos un 44% de la demanda energética de la planta de lácteos, sin embargo el escenario más conservador manifiesta un excedente del 16%.

Mediante el reemplazo de lámparas fluorescentes T12 por T8 se alcanzaría una reducción de 3, 270 Kwh-año.

Mediante las mediciones de corriente y voltaje en el centro de carga, se constató que los únicos equipos con demanda de energía al permanecer la planta fuera de operación lo constituyen los cuartos fríos, presentando un consumo de 15 Kwh – día.

La implementación de tecnologías limpias en la Planta de Lácteos presenta un potencial de adquisición de CER's de US\$ 3,668, como incentivo a la reducción de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>.

Mediante una inversión de US\$ 572,214 y un ahorro anual de US\$ 81,938, las tecnologías renovables en la planta de lácteos no presentan rentabilidad, sin embargo se estima un tiempo de recuperación de 7 años más el impacto académico que esto constituiría.

Al realizar un análisis financiero de cada proyecto, la instalación de una caldera de biomasa presento la mayor rentabilidad y un periodo de retorno de 1 año.



## 6 RECOMENDACIONES

Revisar la rotulación de las conexiones eléctricas en el centro de carga de la Planta de Lácteos, ya que durante las mediciones de corriente se observaron consumos en cables sin identificación.

Gestionar equipos de medición de biogás para calibrar los resultados obtenidos en este estudio.

Indagar con proveedores extranjeros en cuanto a la implementación de inversores en los sistemas de aire acondicionado para convertir la energía alterna del sistema a energía directa, ya que se conocen experiencias por parte de países industrializados en esta aplicación como medida de eficiencia energética.

Promover el uso eficiente de energía en la Planta de Lácteos, ya que constantemente se observó que las luces permanecían encendidas y las puertas de los cuartos fríos abiertas cuando no se requerían.

Brindar seguimiento a las cotizaciones de las tecnologías limpias propuestas en este estudio.

## 7 BIBLIOGRAFIA

Aliaga, L. (2006). EAP ZAMORANO Evaluación de producción de biogás utilizando desechos porcícolas de Zamorano

Cáceres, R. Construcción y evaluación de un biodigestor tubular de polietileno. Tesis de Maestría en Ciencias del Agua. CNIC. DECA. 1999.  
Cooperación Alemana

Días, (2007). EAP Zamorano Manual de procesos y procedimientos en la empresa universitaria de industrias lácteas de la Escuela Agrícola Panamericana

Gavilanes, R. (2000). EAP ZAMORANO. Cuantificación de la fijación y reducción potencial de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Volumen 3

Hohlfeld, y Sasse, (1986). Production and utilization of biogas in rural areas of industrialized and developing countries. GTZ. Eschborn, Alemania

Moncayo, (2003). EAP Zamorano “La producción y el aprovechamiento del biogás”. Documento de consultoría. Tegucigalpa-Honduras.

Moncayo, (2003). EAP Zamorano “El tratamiento de aguas residuales y desechos orgánicos en digestores biológicos anaeróbicos y producción de biogás”. Tegucigalpa-Honduras.

Muche, y Zimmermann, (1985). La purificación del biogás. GATE – GTZ.  
PNUMA, 1998 Convención sobre cambio climático. Chtelaine, Suiza, Haus Carstanjen  
30p

Ramírez, (2004). Generación eléctrica por medio de biogás. Proyecto Especial como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Electrónico. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica

Roca, R. (2007). EAP ZAMORANO Elaboración de un manual de mantenimiento para la maquinaria de la planta de lácteos de Zamorano

UNEP, 1998. El protocolo de Kioto de la convención sobre el cambio climático. Paris, Francia 37p

Vaquero, N. (2005). Convención marco para las naciones unidas sobre el cambio climático (1992).

