

## Proyecto de generación de energía en base a biomasa aplicado a la UNAH

Roberto Ortiz\*,  
Osman Mejía\*,  
Jairo Sabillón\*,  
Dennis A. Rivera\*

### RESUMEN

En la actualidad, el Sector Eléctrico Hondureño atraviesa una severa crisis en el ámbito energético debido al elevado costo del petróleo, la falta de generación de energía eléctrica en base a recursos renovables y al considerable derroche de energía eléctrica, por lo que es un deber de la máxima casa de estudio de Honduras, plantear alternativas que contribuyan a disminuir el consumo de energía eléctrica, por ejemplo, en la misma ciudad universitaria. En la presente investigación se analiza la factibilidad técnica y económica de implementar en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) un proyecto de generación de 250 kW de capacidad y su energía asociada en base a cartón como combustible biomasa. El proyecto resulta factible de implementarlo bajo las condiciones de financiamiento del BCIE, el actual consumo de energía de la UNAH y bajo la tarifa actual que la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) cobra a la UNAH. No obstante, el margen de factibilidad es pequeño por lo que el estudio económico amerita de un análisis de sensibilidad y riesgos que permita soportar la decisión final para su implementación.

**Palabras clave:** *Energía, Generación de Energía, Biomasa*

### ABSTRAC

Nowdays, the Honduran Electrical Sector is going through a severe crisis in its

---

\* Roberto Ortiz

\* Osmán Mejía

\* Jairo Sabillón

Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

\* Dr.- Ing. Dennis A. Rivera, Catedrático

Escuela de Ingeniería Eléctrica

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Honduras

energy sphere due to the elevated costs of oil, the lack of electrical energy production based on renewable resources and the considerable waste of electrical energy, which is why is a duty of the leading academic institution of Honduras to propose alternatives that contribute to reduce energy consumption, for instance, at the university campus. In this research the technical and economical feasibility is analyzed in order to implement within the National Autonomous University of Honduras (UNAH) a production capacity project of 250KW and its associated energy based on cardboard as a bio-mass fuel. The project turns out to be feasible to implement through the BCIE´s financing, the current energy usage of the UNAH and through the actual rate that the National Company of Electric Energy (ENEE) charges to the UNAH. Nevertheless, the margin of feasibility is quite small hence the economical study merits an analysis of sensibility and risks that supports the final decision for its implementation.

**Keyword: *energy, electrical energy production, bio-mass***

## INTRODUCCIÓN

El proyecto que a continuación se presenta trata sobre la instalación y puesta en marcha de la generación de 250 kW de capacidad y su energía asociada, para implementarlo en la ciudad universitaria, para ello se requiere de una cantidad considerable de agua ( $12 \text{ m}^3/\text{hr}$ ) para lo que se necesita la construcción de 4 pozos con una capacidad promedio de 15 gal/min.- Asimismo, se requiere de una buena cantidad de materia prima con un poder calorífico elevado; en este caso se escogió utilizar el cartón ya que se encuentra en gran cantidad en el basurero municipal y con bajos costos de adquisición. El cartón tiene un poder calorífico de 4 Mcal/Kg [1,2], por lo que se necesitaría aproximadamente 60 Kg/hr para generar la potencia requerida.

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que puede ser convertida en energía. Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético: biomasa natural, residual seca y residual húmeda y los cultivos energéticos. La Biomasa puede ser utilizada con las ventajas y desventajas en las siguientes aplicaciones [2-4]:

1. Producción de Energía Térmica.
2. Producción de Energía Eléctrica.
3. Producción de Biocombustibles:
  - a. Etanol.
  - b. Biocombustibles.
4. Producción de gases combustibles.

### Ventajas

1. Disminución de las emisiones de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )
2. No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, y apenas partículas sólidas.
3. Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

### Desventajas

1. Tiene un mayor coste de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles.
2. Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
3. La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.

## FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

### 1. Funcionamiento de la Caldera [5-8]

La caldera seleccionada para el Proyecto tiene la ventaja de que no requiere toda la cantidad de agua mencionada anteriormente para permanecer en funcionamiento continuo, debido a que sólo necesita del 10% del agua que se consume en vapor ( $12 \text{ m}^3/\text{hr}$ ) Para mantenerla en operación continua, es decir, aproximadamente  $1.6 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

Esta ventaja de la Caldera es otro de los factores que permite la factibilidad técnica del proyecto, ya que disminuye la cantidad de agua a utilizar y todo esto se debe a la eficiencia de la misma.

En la Fig. 1 se presenta un Diagrama del proceso de generación de energía eléctrica del Proyecto de Biomasa aplicado a la ciudad universitaria.

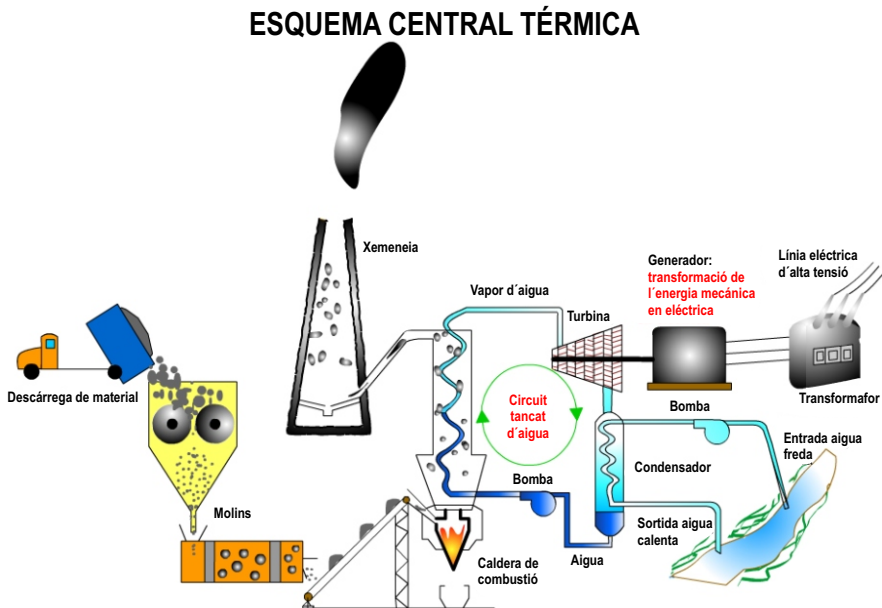


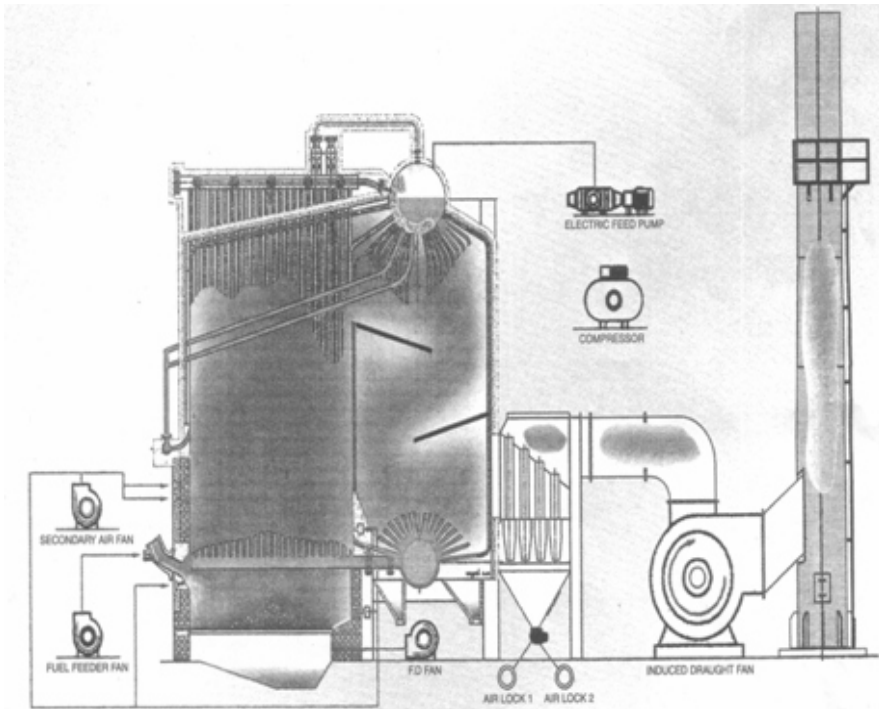
Fig. 1: Diagrama Esquemático de una Central Térmica mediante Biomasa [9]

### 2. Caldera

El tipo de Caldera más recomendable para realizar el proyecto es la de Tipo Acuotubular [6], tal como se muestra en la Fig. 2 y con las siguientes características:

- Caldera FRASER II
- Presión de 21 Bar

Consumo de Vapor:  $12,000 \text{ Kg/hr}$



**Fig. 2** Caldera seleccionada para el Proyecto [8]

Este tipo de caldera ya se está utilizando en una empresa del departamento de Yoro; asimismo, su eficiencia es adecuada para generar la capacidad requerida de 250 kW.

### 3. Requerimientos necesarios para realizar el Proyecto

El objetivo del proyecto consiste en generar energía eléctrica permitiendo a la UNAH ahorrar la factura que le cobra la ENEE, de manera que este ahorro resulte mayor que los costos de inversión y de operación y mantenimiento; para el estudio de factibilidad técnico económico se han realizado las siguientes consideraciones:

#### a. Capacidad a Generar: 250 kW

Para generar esta capacidad se usará un generador de 400 Kw debido a que en el futuro se podría aumentar la capacidad y permitir un mejor ahorro de energía a la UNAH mediante la venta de energía a la ENEE. Asimismo, la elección de este generador se hace considerando que la ciudad universitaria puede aumentar el consumo de energía eléctrica.

#### b. Recursos necesarios para realizar el proyecto

En la realización de este proyecto se requiere de dos grandes recursos que

permitan llevarlo a cabo:

1) Basura (cartón)

La cantidad de basura disponible es de 4 toneladas diarias en el basurero municipal; la Fig. 3 muestra la disponibilidad de este recurso en el basurero. Para fines de utilizarlo en la UNAH se requiere que el mismo sea transportado en volquetas



Fig. 3. Cartón a ser utilizado en el proyecto

2) Agua para generar el vapor

En la UNAH hay 4 Pozos con una capacidad de 15 gal/min (véase Fig. 4), no obstante estos pozos están siendo usados para el consumo propio de la UNAH. Para fines de este proyecto, se requiere de la construcción de 4 pozos con un caudal idéntico para generar los 250 kW.



Fig.4 Pozo ubicado atrás del L-2

a) Caudal de Agua en los 4 Pozos

- ❖ Cada Pozo tiene una capacidad de 5 gal/min y utilizando el factor de conversión se obtiene la cantidad de agua que se dispone en cada uno de los pozos.

$$15 \text{ gal/min} \times (0.003785 \text{ m}^3 / 1\text{gal}) = \mathbf{0.05678 \text{ m}^3 / \text{min}}$$

- ❖ Una vez calculada la cantidad de agua en cada pozo se obtiene el total de agua disponible en los 4 pozos que es de  $(4 \times 0.05678 \text{ m}^3 / \text{min})$  que equivale a  $4 \times \mathbf{3.4068 \text{ m}^3 / \text{hr}} = \mathbf{13.6272 \text{ m}^3 / \text{hr}}$

b) Agua requerida para la Caldera

Otro factor importante en la realización del Proyecto es el cálculo del agua que necesita la caldera para generar la capacidad requerida, y para ello se utiliza el consumo de vapor de la caldera y la densidad del agua.

Con un consumo de Vapor = 12,000 Kg/hr y con la densidad del agua = 1,000Kg/m<sup>3</sup>, se obtiene la cantidad de agua necesaria para la caldera (Ver Tabla I):

$$\rho = m/v \text{ (densidad)}$$

$$V = (12000 \text{ Kg/hr}) / (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{12 \text{ m}^3 / \text{hr}}$$

Por lo tanto, para disponer de esta cantidad de Agua es necesario construir 4 pozos de la misma capacidad de los que ya existen en la UNAH. Es muy importante tomar en cuenta que para la construcción de los Pozos primero se debe analizar el nivel de freático del suelo de la UNAH y de esa forma conocer si se dispone de la cantidad de agua necesaria para la caldera, lo cual garantizaría la factibilidad técnica del proyecto.

**Tabla I: Tabla comparativa del agua a utilizar en el proyecto**

| <b>Caudal de Agua en los 4 Pozos</b> | <b>Agua Requerida para la Caldera</b> |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>13.6272 m<sup>3</sup> / hr</b>    | <b>12 m<sup>3</sup> / hr</b>          |

- 3) Flujo de Cartón en Basurero Municipal  
Una de las ventajas que proporciona el cartón es que se dispone de 4 toneladas diarias en el basurero municipal que equivalen a 166.67 Kg/hr. Asimismo se encontró que la UNAH dispone de aproximadamente el 5% de la cantidad de basura que se requiere diariamente, y esto equivale a 100kg/día.
- 4) Flujo de Cartón Requerido Para la Caldera  
El cálculo del flujo de cartón requerido se obtiene con el poder calorífico del mismo, el cual equivale a 4 Mcal/Kg como sigue:  
 $(4 \text{ Mcal/Kg}) \times (1 \text{ Kwh}/860 \text{ Kcal}) = 4.6512 \text{ Kwh/Kg}$   
Con la capacidad que se requiere generar (250 Kw) y considerando una hora como referencia, se calcula la cantidad de cartón por hora que necesita la caldera para generar 250 kWh (ver Tabla II).  
 $250 \text{ Kwh} / (4.6512 \text{ Kwh/Kg}) = 53.75 \text{ Kg} \approx \underline{60 \text{ Kg / hr}}$

**Tabla II:** Tabla comparativa del cartón para generar la potencia requerida

| Flujo de Cartón en el Basurero Municipal | Flujo de Cartón Requerido para la Caldera |
|--|---|
| 166.67 Kg / hr                           | 60 Kg / hr                                |

## DEMANDA DE CAPACIDAD Y ENERGÍA DE LA UNAH

La UNAH mantiene un alto consumo de energía eléctrica llegando a valores máximos de aproximadamente 1,200 kW en horas del mediodía y del orden de 250 kW en horas de la madrugada (Ver **Fig. 5** donde se muestra el consumo durante la semana del 19 al 25 de Febrero de 2006). Es imperativo buscar alternativas de eficiencia energética que disminuyan el consumo. La **Tabla III** muestra el detalle de la factura energética de la UNAH durante el año 2006. En la Tabla se puede observar que la UNAH ha cancelado un total de **10.6** millones de Lempiras por un total de **4,062,800 kwh** consumidos en el 2006.

El consumo energético varía durante el año; esto es de esperarse ya que en el transcurso de los periodos vacacionales (enero y junio) la demanda disminuye y aumenta en los meses calurosos o de mucha actividad académica. Mediante un trabajo de inspección y encuestas realizado por los alumnos de la asignatura de seminario del primer semestre de 2007, se estimó en kwh y en % el consumo de

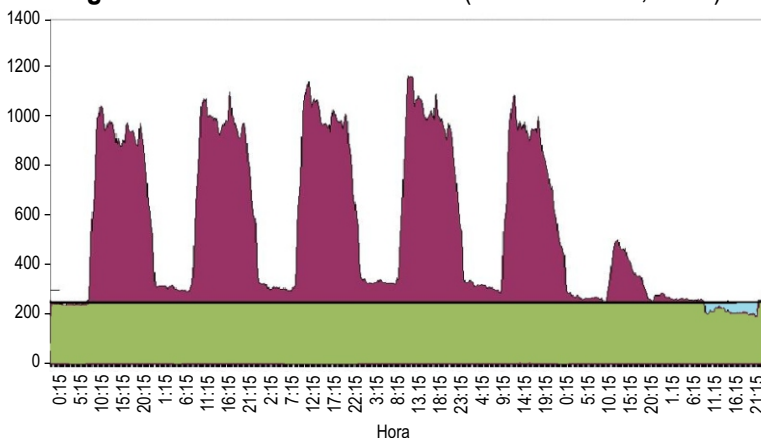


energía eléctrica en cada uno los edificios que conforman la UNAH y el consumo de carga por tipo. Las **Fig. 6 y 7** muestran la distribución de carga por edificio y según el tipo de carga respectivamente. En la **Fig. 6** se puede observar que los edificios que más consumen energía eléctrica son: a.-) El Centro Comercial (17%), b.-) El edificio 4A (13%), c.-) El edificio 3 (12%), d.-) Los negocios fuera de los edificios (12%) y e.-) El edificio 4B (10%), respectivamente. En la **Fig. 7** se muestra que el mayor consumo de energía eléctrica de la UNAH radica en a.-) Iluminación (34%), b.-) Equipo de cocina, refrigeración, microondas, etc. (25%) c.-) Aire Acondicionado (16%) d.-) Equipo de Computo (12%)

**Tabla III:** Detalle de la facturación mensual de la UNAH (Facilitado por la ENEE

| Mes          | Consumo Resumen Kwh. | Alumbrado Público Lps. | Ventas de Kwh. Lps. | Ajuste Comb Lps.    | TOTAL Lps.           |
|--------------|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Ene-06       | 170,100.00           | 2,213.32               | 288,184.42          | 152,737.21          | 446,372.98           |
| Feb-06       | 343,000.00           | 2,517.35               | 581,111.60          | 310,894.17          | 894,523.12           |
| Mar-06       | 395,500.00           | 2,525.72               | 670,057.10          | 373,221.24          | 1,045,804.06         |
| Abr-06       | 354,500.00           | 2,395.73               | 601,272.58          | 359,560.40          | 963,228.71           |
| May-06       | 418,600.00           | 2,296.04               | 709,193.12          | 375,871.82          | 1,087,360.98         |
| Jun-06       | 291,200.00           | 2,121.25               | 493,352.04          | 261,476.05          | 757,939.34           |
| Jul-06       | 347,200.00           | 2,717.42               | 588,227.24          | 311,759.90          | 902,158.56           |
| Ago-06       | 330,400.00           | 2,140.62               | 559,764.68          | 296,674.75          | 858,580.05           |
| Sep-06       | 329,700.00           | 2,045.74               | 558,578.74          | 296,046.20          | 856,670.68           |
| Oct-06       | 379,400.00           | 2,079.38               | 642,780.48          | 340,673.12          | 985,532.98           |
| Nov-06       | 406,000.00           | 2,884.74               | 687,846.27          | 364,557.95          | 1,055,288.96         |
| Dic-06       | 296,800.00           | 2,220.76               | 502,839.56          | 266,504.43          | 771,564.75           |
| <b>TOTAL</b> | <b>4,062,800.00</b>  | <b>27,612.07</b>       | <b>6,883,207.83</b> | <b>3,709,977.24</b> | <b>10,625,025.17</b> |

**Fig. 5.-** Consumo de una semana (feb 19 - feb 25, 2006)



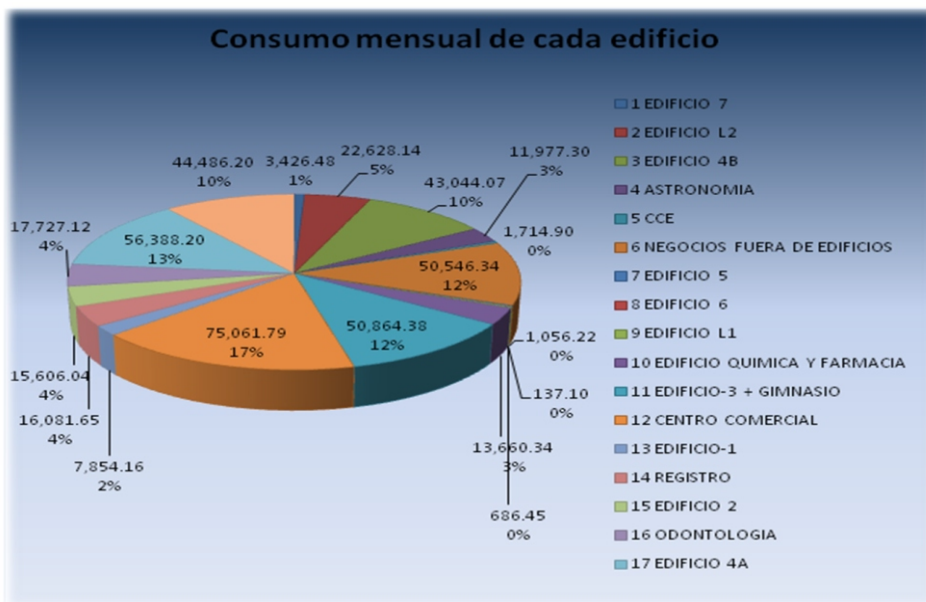


Fig. 6: Distribución de la carga por edificio

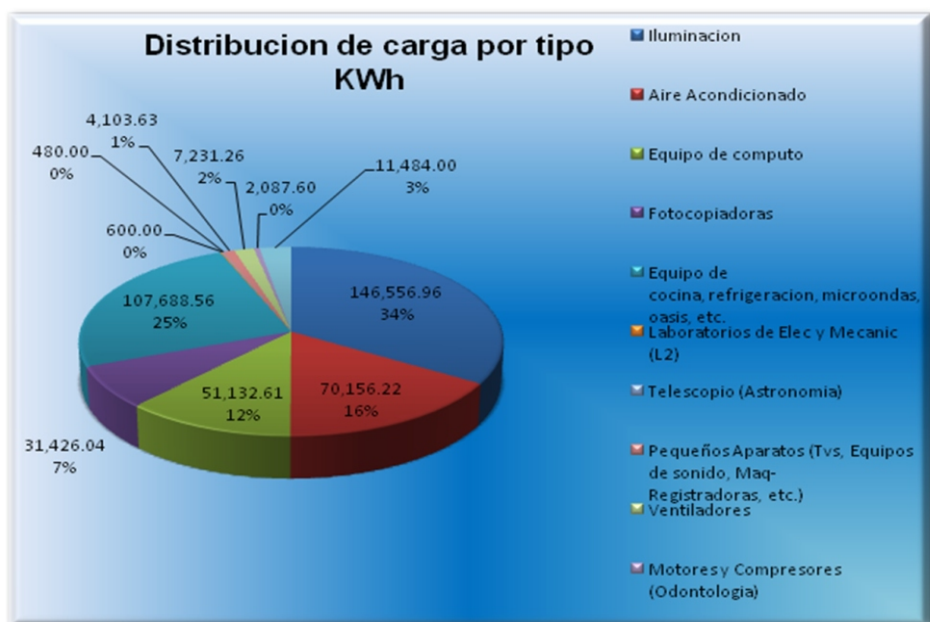


Fig. 7: Distribución de carga según el tipo.

### **Análisis de la Demanda Universitaria con el Proyecto Instalado.**

En la **Fig.5** se puede observar que para una generación de 250 kW continua en las 24 hr del día. Prácticamente toda la energía eléctrica generada se estaría consumiendo en la misma UNAH, sin perjuicio de lo anterior, la UNAH puede firmar un contrato de generación de energía con la ENEE para la venta de energía excedente en caso de que la misma sea exportada hacia la ENEE, De esta manera, la gráfica de consumo energético se verá altamente modificada como se muestra en la **Fig.5** en la que se observa la energía semanal que la UNAH dejara de consumir con un color verde; y con un color azul la cantidad de energía sobrante que se le vendería a la ENEE (los domingos). Bajo este esquema de generación y considerando la tarifa vigente en 2007 que la ENEE cobra a la UNAH, se puede inferir el ahorro anual en la factura de energía por implementar este proyecto de generación (ver **Tabla IV**).

**Tabla IV.** Ahorro por la generación de los 250 kW.

| <b>Ahorro por generar Energía, 250 kw, UNAH</b> |                       |                |                      |                                  |                     |
|---|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------------------|---------------------|
| <b>P</b>  | <b>Hrs. Semanales</b> | <b>Semanas</b> | <b>Energía Anual</b> | <b>Tarifa UNAH y compra ENEE</b> |                     |
| <b>kw</b>                                       | <b>h</b>              | <b>Año</b>     | <b>kwh</b>           | <b>Lps/kwh</b>                   | <b>Lps.</b>         |
| 250   | 155.5                 | 50             | 1,943,750.00         | 2.97                             | 5,772,937,50 UNAH   |
| 205   | 12.5                  | 50             | 128,125.00           | 2.97                             | 380,531.25 UNAH     |
| 45  | 13                    | 50             | 28,125.00            | 1.67                             | 47,103.21 ENEE      |
| <b>TOTAL</b>                                    |                       |                |                      |                                  | <b>6,200,571.96</b> |

El ahorro total se estima en **Lps. 6,200,571.96** anuales. Nótese que sólo se consideran 50 semanas anuales, cuando en promedio el año tiene 52 o 53 semanas; esto es debido a que la planta deberá detenerse 15 días para realizar mantenimiento preventivo. Este valor está sujeto a cambios, ya que la tarifa de la ENEE por kwhr, tiene una tendencia a crecer (el ajuste por combustible y la necesidad de incrementarla para solventar la crisis de la ENEE), no obstante, en caso de que la tarifa se incremente lo hará también el ahorro anual con lo cual se incrementará la factibilidad del proyecto.

### **FACTIBILIDAD ECONÓMICA FINANCIERA**

Para determinar la Factibilidad Económica Financiera del proyecto, es necesario

obtener el monto total de la inversión mediante un presupuesto detallado del equipo y del listado de materiales; asimismo, se deben considerar los costos de operación y mantenimiento (CO&M) afectados por un 4.8% de inflación anual e incluyen los salarios de los empleados y el costo anual del cartón; finalmente se deben incluir los costos de transporte del cartón. Para efectos de los costos de inversión, se calculará la anualidad del monto total de inversión considerando las condiciones de financiamiento que el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) otorga para este tipo de proyectos. El préstamo es por 10 años donde los primeros dos años son de gracia; la tasa de interés es de 10% anual; el banco presta sobre el 70% del valor de la inversión total del proyecto.

### 1. Determinación de los costos de inversión

Para determinar la inversión total que se requiere para la construcción y puesta en marcha del proyecto, se presenta la **Tabla V**.

**Tabla V:** Costo de inversión total del proyecto

| COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO                          |                      |
|---|----------------------|
| Descripción   | Costo Lps.           |
| Caldera   | 11,412,000.00        |
| Turbina y Generador                                       | 2,803,000.00         |
| Suavizadores  | 570,600.00           |
| Apertura de 4 pozos en la UNAH                            | 320,000.00           |
| Obra Civil y contrato de construcción y puestas en marcha | 4,867,468.88         |
| Triturador de cartón [10]                                 | 178,200.00           |
| Conexión del generador a la red de la UNAH [11]           | 1,155,911.04         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>21,307,174.92</b> |
| <b>Imprevistos - 30%</b>                                  | <b>27,699,327.40</b> |

En la **Tabla V** se puede observar que la inversión total del proyecto es de aproximadamente 27.7 millones de lempiras (incluyendo un 30% de imprevistos), de los cuales, el BCIE prestaría aproximadamente 19.4 millones de lempiras, mientras que la UNAH debería invertir aproximadamente 8.3 millones de lempiras

### 2. Determinación de los costos de operación y Mantenimiento CO&M

Para determinar los costos anuales por la compra del cartón se considera que

el mismo es vendido en el basurero municipal a un precio de 0.4 cLPS/lb, resultando un costo total para el primer año de Lps. 462,528 de acuerdo al flujo de cartón requerido.

La Tabla VI presenta el listado del personal propuesto con sus respectivos salarios mensuales y el total anual considerando 14 sueldos.

**Tabla VI: Costos anuales de sueldos y salarios**

| Cargo   | No. | Sueldo Lps.         | TOTAL Lps.       |
|---|-----|---------------------|------------------|
| Jefatura (Depto. Mecánico y Eléctrico)          | 2   | 18,000.00           | 36,000.00        |
| Técnicos (2 mecánicos, 1 eléctrico, 1 operador) | 4   | 10,000.00           | 40,000.00        |
| Secretaria y Asistente Administrativo)          | 1   | 6,000.00            | 6,000.00         |
| <b>TOTAL SALARIOS MENSUALES</b>                 |     |                     | <b>82,000.00</b> |
| <b>TOTAL SALARIOS ANUALES</b>                   |     | <b>1,148,000.00</b> |                  |

La distribución del personal considera que los cuatro técnicos pueden ser operadores con turnos rotativos durante 24 horas y el que aparece como operador puede ser técnico mecánico o electricista, asimismo, ellos están encargados del mantenimiento preventivo y correctivo.

Las Jefaturas de los departamentos eléctrico y mecánico están encargadas de todas las labores administrativas y de supervisar las labores de los 4 técnicos. Sumando el costo del cartón más el de sueldos y salarios se tiene un total para el primer año de **Lps. 1,610,528** que se afecta anualmente por un factor de inflación de 4.8%.

### 3. Determinación de los costos de transporte del cartón

La **Tabla VII** presenta el costo estimado anual de transportar el cartón se considera un pago por alquiler de **Lps. 1,300** por viaje de cada volqueta y el pago mensual de Lps. 2,500 para 2 ayudantes que carguen y descarguen el cartón. Este costo se afecta anualmente por el factor de inflación de 4.8%

**Tabla VII:** Costo de transporte de cartón

| Costo de Transporte de Cartón                               | Cantidad          |
|---|-------------------|
| Cantidad de Materia Prima Anual (kg de cartón)              | 525,600.00        |
| Capacidad de una volqueta (5 ton, 5000 kg)                  | 50,000.00         |
| Cantidad de volquetas requeridas (Aprox, 1 cada 4 días)     | 105.12            |
| Distancia aproximada basurero UNAH (km) ida y vuelta        | 58.00             |
| Cobro de alquiler de una volqueta por viaje ida y vuelta    | 1,300.00          |
| Pago anual de 2 ayudantes para cargar y descargar el cartón | 60,000.00         |
| <b>Costo Total Anual por Transporte (Lps.)</b>              | <b>196,656.00</b> |

#### 4. Factibilidad económica del proyecto

Una vez determinados los costos anuales y el ahorro anual, se puede calcular la factibilidad económica de implementar el proyecto bajo las condiciones anteriores. La **Tabla VIII** muestra este análisis para un periodo de quince años y en la última columna se muestra la Tasa Interna de Retorno (TIR) acumulada al año correspondiente.

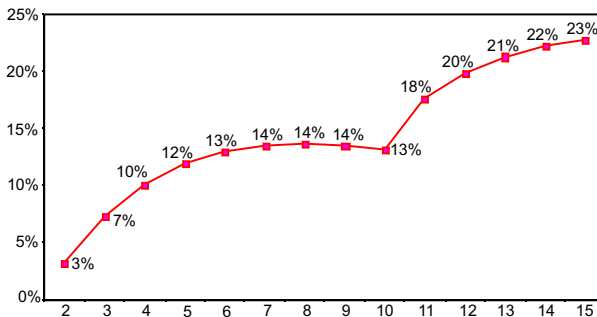
De la **Tabla VIII** se observa que la UNAH recuperaría la inversión realizada en el segundo año donde la TIR se vuelve positiva. Este hecho se debe a que los ingresos netos percibidos de los dos primeros años son altos en razón de los dos años de gracia concedidos por el BCIE; sin esta concesión en el financiamiento la recuperación del capital invertido sería muy lenta.

El proyecto presenta una TIR bastante atractiva (mayor a 14%) a partir del séptimo año de Operación Comercial (ver **Fig.8**), la TIR y las utilidades acumuladas comienzan a crecer a partir del año décimo cuando se ha terminado de pagar el préstamo al BCIE (ver **Fig. 8 y 9**).

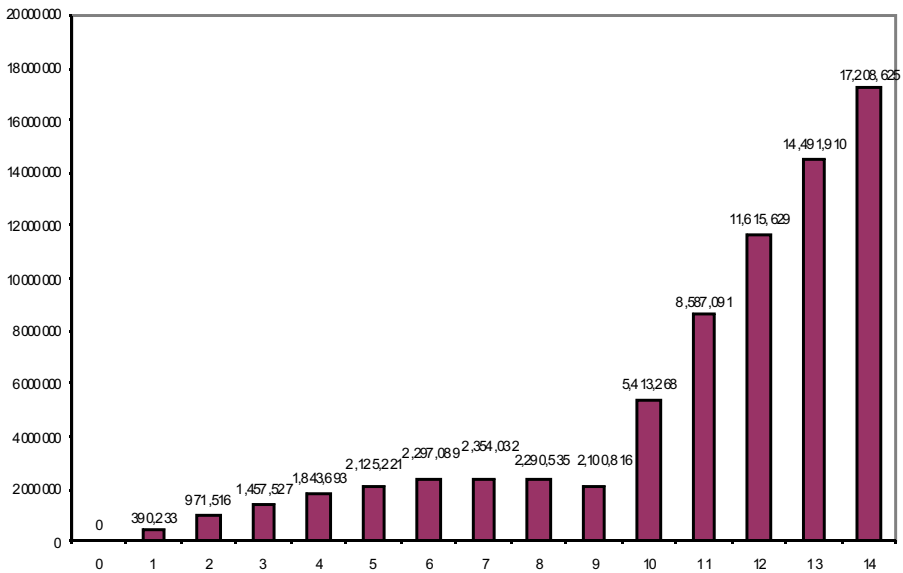
**Tabla VIII: Análisis de Factibilidad Económica**

| ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA |                   |  |                   |                      |                    |           |
|------------------------------------|-------------------|--|-------------------|----------------------|--------------------|-----------|
| No.                                | Costos Totales    | Total Ahorro factura UNAH y venta a ENEE | Diferencia Anual  | Diferencia Acumulada | Utilidad Acumulada | TIR Anual |
|                                    | Lps.              | Lps.                                     | Lps.              | Lps.                 | Lps.               | %         |
| 0                                  |                   |  | -8,309,798        |                      |                    |           |
| 1                                  | 1,807,184         | 6,200,572                                | 4,393,388         | 4,393,388            | 0                  |           |
| 2                                  | 1,893,929         | 6,200,572                                | 4,306,643         | 8,700,031            | 390,233            | 13%       |
| 3                                  | 5,619,289         | 6,200,572                                | 581,283           | 9,281,314            | 971,516            | 7%        |
| 4                                  | 5,714,561         | 6,200,572                                | 486,011           | 9,767,325            | 1,457,527          | 10%       |
| 5                                  | 5,814,406         | 6,200,572                                | 386,166           | 10,153,491           | 1,843,693          | 12%       |
| 6                                  | 5,919,044         | 6,200,572                                | 281,528           | 10,435,019           | 2,125,221          | 13%       |
| 7                                  | 6,028,704         | 6,200,572                                | 171,868           | 10,606,887           | 2,297,089          | 14%       |
| 8                                  | 6,143,629         | 6,200,572                                | 56,943            | 10,663,830           | 2,354,535          | 14%       |
| 9                                  | 6,264,069         | 6,200,572                                | -63,497           | 10,600,333           | 2,290,535          | 14%       |
| 10                                 | 6,390,291         | 6,200,572                                | -189,719          | 10,410,614           | 2,100,816          | 13%       |
| 11                                 | 2,888,120         | 6,200,572                                | 3,312,452         | 13,723,067           | 5,413,268          | 18%       |
| 12                                 | 3,026,750         | 6,200,572                                | 3,173,822         | 16,896,889           | 8,587,091          | 20%       |
| 13                                 | 3,172,033         | 6,200,572                                | 3,028,538         | 19,925,428           | 11,615,629         | 21%       |
| 14                                 | 3,324,291         | 6,200,572                                | 2,876,281         | 22,801,708           | 14,491,910         | 22%       |
| <b>Total</b>                       | <b>67,490,156</b> | <b>93,008,579</b>                        | <b>25,518,423</b> |                      |                    |           |

**Fig. 8.- Evolución de la Tasa Interna de Retorno (TIR)**



**Fig. 9: Utilidades Acumuladas en 15 años**



## CONCLUSIONES

1. El proyecto resultaría técnicamente factible si el nivel freático de la UNAH permitiera la excavación de 4 pozos con capacidad similar a los actualmente existentes en la UNAH. Si no existe posibilidad de disponer del flujo de agua requerido durante toda la vida del proyecto este sería inviable técnicamente.
2. Confirmada la factibilidad técnica, la implementación del proyecto es factible económicamente bajo las condiciones planteadas en la presente investigación.
3. Se debe realizar un análisis de sensibilidad y de riesgos para analizar la incidencia sobre las utilidades acumuladas y sobre la TIR de aspectos como el crecimiento de la inflación anual por arriba de 4.8%, mayores requerimientos de puestos y salarios, incrementos del alquiler de transporte, incremento de la tarifa de energía eléctrica.
4. Confirmada la factibilidad técnica y hecho el análisis de sensibilidad, la decisión de implementar o no el proyecto debe ser tomada por las autoridades universitarias.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio del nivel freático en el área del campo de Fútbol ya que este es el lugar que se ha escogido para la instalación del proyecto y su conexión eléctrica. El departamento de Ing. Civil podría emprender este estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece primeramente a Dios, también se agradece el arduo trabajo de todos los alumnos que cursaron la asignatura de seminario de investigación en el primer semestre de 2007, ya que por el trabajo de todos ellos se pudo realizar el levantamiento de carga de la UNAH, se agradece especialmente a los ex alumnos Mauricio Trigueros, Carlos Girón (I semestre de 2007) y Melvin Aarón Martínez (II semestre de 2006), cuyos trabajos de investigación sirvieron como soporte del presente trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

**Trigueros, M., Girón, C.**, "Generación de Energía por medio de Biomasa Aplicado a la UNAH". Seminario de Investigación (IE-900) I periodo 2007.

**Martínez, M. A.**, "Energía Biomasa". Seminario de Investigación (IE-900). II periodo 2006.

**Sánchez, L., Molina, L., Escoto, D.**, "Proyecto de Celdas de Combustible con Biogás", Seminario de Investigación (IE-900), II periodo 2007.

"Biomasa" <http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa>

"Que es la Biomasa" <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/biomasa.swf>

"Que es una Caldera" [http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera\\_\(m%C3%A1quina\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_(m%C3%A1quina))

"Calderas Acuotubulares" <http://html.rincondelvago.com/calderas-y-generadores-de-vapor.html>

"Caldera de vapor" <http://html.rincondelvago.com/calderas-de-vapor.html>

"Imagen de Caldera de vapor" <http://www.termocrom.com.ar/TERMO5.swf>

"Esquema de Central Térmica"

[http://www.xtec.es/~jasensio/pelis\\_flash/termica.swf](http://www.xtec.es/~jasensio/pelis_flash/termica.swf)

"Trituradora de Impacto Horizontal Torgeson AX"

<http://www.jwjonescompany.com/es/equipo/triturdora-de-impacto>