

ESTUDIO PARA LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN LA EMPRESA LABIOFAM MATANZAS

Por Dr. C., M. Sc. Ing. José Luis Sánchez Ávila*, M. Sc. Ing. Marlene Orama Ortega**
e Ing. Juan Ramón Díaz Matos***

* Energético Provincial de BANDEC Matanzas.
E-mail: joseluis@dpmt.bandec.cu

** Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Matanzas.
E-mail: marlene.oramas@umcc.cu

*** Juan Ramón Díaz Matos. Energético Provincial de GECMA Matanzas.
E-mail: juanramon650214@atenas.inf.cu

Resumen

Se realiza un estudio integral de las posibilidades más abarcadoras para la aplicación de las fuentes renovables de energía en la Empresa Labiofam Matanzas. Se propone aprovechar sus techos para la instalación de paneles fotovoltaicos, sustituir su sistema de bombeo por bombas fotovoltaicas, y además se diseña un destilador solar para recuperar el agua de retorno de la caldera de la fábrica de yogurt, y se calculan cuatro biodigestores para las cochiqueras que poseen en La Estrella, Petrona, Casualidad y La Conga.

Todo esto no solo le va a permitir autoabastecerse de energía mediante las fuentes renovables a su disposición, sino que además le va a permitir la posibilidad de un superávit para la recuperación de la inversión en un tiempo prudencial.

Palabras clave: Energía renovable, medioambiente.

STUDY FOR THE APPLICATION OF THE RENEWABLE SOURCES OF ENERGY IN THE LABIOFAM MATANZAS COMPANY

Abstract

It is carried out an integral study of the most comprehensive possibilities for the application of the renewable sources of energy in the Labiofam Matanzas Company. Where intends to take advantage their roofs for the installation of photovoltaic panels, also to substitute their system of pumping for photovoltaic bombs, a solar distiller is also designed to recover the water of return of the boiler of the yogurt factory, and 4 digestors is calculated for the hatchery of pigs that possess in The Estrella, Petrona, Casualidad and The Conga.

All this will allow to be supplied energy by means of the renewable sources at your disposal, if not that will also have the possibility of a surplus that can allow him at one time the recovery of the investment prudential.

Keywords: Renewable energy, environment.

Introducción

La necesidad de mitigar el efecto invernadero y el aumento de los precios del petróleo, como resultado de la disminución de las reservas mundiales y de la inseguridad en el suministro estable, debido a conflictos políticos en regiones productoras, han motivado la búsqueda de alternativas a los carburantes fósiles. Las fuentes de energía renovables se encuentran entre los potenciales sustitutos de los combustibles basados en los hidrocarburos tradicionales, y como una de las maneras más factibles de lograr la independencia energética de la nación, con respecto a las fuentes externas de combustible (hidrocarburos importados).

Desarrollo

El trabajo muestra los cálculos y selección de las tecnologías posibles de aplicar en la Empresa Labiofam, para la reducción de su consumo de energía eléctrica y la producción de un extra de energía, que mediante su venta a la Unión Nacional Eléctrica (UNE) le permita recuperar la inversión a ejecutar en un tiempo prudencial. Las propuestas son las siguientes:

1. Sustituir las dos bombas sumergibles marca Caprari modelo EX40-6/6-Z con un caudal de 4 a 8 lt/seg y una altura de bombeo de 40,7 a 84,8 m, las cuales demandan una potencia de 5,5 kW cada una, por dos bombas sumergibles LORENTZ, modelo PS200 HR-04 de 7300 lt/Día, tensión de trabajo de 24 a 48 V y una altura de bombeo de 50 m; cada una sería alimentada por paneles fotovoltaico de 13 paneles de 250W, garantizando en el horario diurno toda el agua que necesita la Empresa, la cual quedaría acumulada en su tanque de acumulación elevado de 10 000 litros. Ver anexo 3.
2. Aprovechar los techos que dan hacia el sur de la planta de yogurt (600 m²) y del bloque de oficinas (201 m²), que en total hacen un área aprovechable de 801 m², lo cual permitiría instalar en dichos techos 445 paneles fotovoltaicos de silicio policristalino con las siguientes características: 12Vdc/7,74A/250W. Esto le permitiría durante el horario del día generar 26 822 amperes al día, equivalentes a 321 kW de potencia promedio diario, necesitando la Empresa como demanda máxima 100 kW al día, quedándole 221 kW de demanda, al menos durante cinco horas, para ofertar a la UNE, o sea, 1547 kW.hr de energía de venta, teniendo en cuenta que en ese horario se ahorraría lo que hoy consume. En el anexo 1 se muestran los datos del resto del equipamiento a adquirir, como es el inversor. Se aclara que aunque se calcula la cantidad de baterías necesarias, por si a la Empresa le interesa ese dato, estas no se tienen en cuenta en las compras propuestas en el anexo 5.
3. Se propone un destilador solar para recuperar el agua de retorno de la Caldera, además dos colectores solares para calentar el resto del agua de reposición que no se pueda recuperar, 220 litros

diarios, de forma que al mezclarse caliente con los 2002 litros que pueden recuperarse a más de 90 °C, el agua de alimentar la caldera entraría a 80 °C en vez de a 25 °C que entra en la actualidad, ahorrándose agua y combustible por un monto total de 7657 \$/año. Ver anexo 4 y 6.

4. Cálculo de 4 biodigestores para las cochiqueras La Estrella, Petrona, Casualidad y La Conga que poseen o tienen una capacidad para 756, 900, 800 y 80 cerdos respectivamente, lo cual les permitirá reducir el consumo de energía en dichos lugares hasta 80 %, después de que se adquiera la tecnología expuesta en el anexo 5. Ver anexo 2; además, existe la posibilidad de generar electricidad con el biogás sobrante, sobre todo las tres primeras cochiqueras.

Análisis económico

I. Análisis de la inversión

Este análisis se realiza teniendo en cuenta que se propone un proyecto de inversión, de los cuales existen dos tipos de proyectos:

1. Investigación: que a su vez puede ser:

En ciencias básicas.
En ciencias aplicadas.

2. Constructivos: que pueden ser:

Industriales.
Remodelación.
Nuevo producto o innovación.
Organización de la producción.

En este caso la propuesta es de un proyecto de inversión de tecnología para producir energía eléctrica mediante fuentes renovables, de aplicación multidisciplinaria de ciencias aplicadas tales como Energía, Mantenimiento, Calderas y Termodinámica.

Una inversión es renunciar a algo para lograr mucho más en el futuro; para este caso es invertir un dinero para lograr más, a partir del aumento de la ganancia gracias a una reducción de los costos.

Para los cálculos se escogió un horizonte de 10 años, que es la perspectiva en que se espera coincidan los ingresos con los pagos realizados producto de la inversión que se va a acometer; y se dividió el horizonte en años como período. De esta forma se está considerando que antes de los 10 años el proyecto va a producir cobros que justifiquen los pagos realizados.

El costo total de una inversión se puede calcular de la forma siguiente:

$$CTI = CI + CO \cdot \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right] \quad (1)$$

Donde: CTI Costo total de la inversión.

- i Tasa de interés del banco de donde se extrajo el dinero, o la tasa de interés del crédito o préstamo solicitado, fracción.
- CI Costo de instalación, suma del costo de la inversión más el montaje, \$.
- CO Costo de operación y mantenimiento, \$.
- m Vida útil, 10 años, aunque la vida útil de los colectores puede ser de hasta 20 años.

$\left[\frac{(1+i)^m - 1}{(1+i)^m \cdot i} \right]$ Coeficiente que tiene en cuenta el costo de operación y mantenimiento que se produce durante su vida útil.

En este caso el costo de operación no existe, debido a que estos sistemas son totalmente automáticos, por lo que solo llevará implícito el costo de mantenimiento del equipamiento, el cual se calcula por la siguiente expresión:

$$CO = 0,03 \cdot CI \quad (2)$$

El costo de la instalación también se puede subdividir en:

$$CI = C_{inv} + C_{mont} \quad (3)$$

Donde: C_{inv} Costo de la inversión.
 C_{mont} Costo del montaje

El costo de la inversión se obtiene de los proveedores (anexo 5), en el que se encuentran los valores totales de la inversión; como una parte de ellos están expresados en euros se realiza la conversión a CUC por el valor de cambio vigente cuando se confeccionó el presente informe, que era de 1,14. Como los precios incluyen el costo de instalación y montaje, el costo de la inversión sería:

$$CI = 261\,151,80 \text{ €} \cdot 1,14 + 91\,489,97 \text{ CUC} \\ = 389\,203,02 \text{ CUC}$$

El costo de operación y mantenimiento se determina sustituyendo en la ecuación 2:

$$CO = 0,03 \cdot CI = 0,03 \cdot 389\,203,02 = 11\,676,09 \text{ CUC}$$

Teniendo en cuenta que el dinero es del dueño de la instalación, y extrae del banco, se toma una tasa de interés bancario de 2 % (0,02 en fracción). De esta forma se pudo sustituir en la ecuación 1, obteniéndose un costo total de la inversión:

$$CTI = 444\,237,80 \text{ CUC}$$

2. Cálculo y análisis de los ahorros y pagos posibles

Teniéndose los costos totales de la inversión, se calcula a continuación el ahorro que se lograría. Esto corresponde a lo que deja de gastar la Empresa por tener garantizada la energía mediante colectores solares fotovoltaicos durante el día, lo que arroja un ahorro de:

$$AeeE = Cea \cdot \%Hd = 232\,848 \text{ kW.hr/año} \cdot 0,8 = 186\,278,4 \text{ kW.hr/año}$$

Donde: $AeeE$ Ahorro de energía eléctrica en la Empresa, kW.hr/año

Cea Consumo de energía anual de la Empresa, kW.hr/año

$\%Hd$ por ciento del consumo de horas del día del total diario, fracción.

El ahorro de energía eléctrica en las cochiqueras, la cuales usarían tecnología que utilice biogás, sería de:

$$AeeC = CeCo + CeCa + CeE + CeP = 2604 + 2400 + 1872 + 2232 = 9\,108 \text{ kW.hr/año}$$

Donde: $AeeC$ Ahorro de energía eléctrica en las cochiqueras, kW.hr/año

$CeCo$ Consumo de energía anual de la Conga, kW.hr/año

$CeCa$ Consumo de energía anual de la Casualidad, kW.hr/año

CeE Consumo de energía anual de la Estrella, kW.hr/año

CeP Consumo de energía anual de Petrona, kW.hr/año

El ahorro de energía eléctrica de las dos bombas se calcularía:

$$AeeB = DeB \cdot CantB \cdot TTD \cdot Dta = 5,5 \text{ kW} \cdot 2 \cdot 5 \text{ hr/día} \cdot 365 \text{ días/año} \\ AeeB = 28\,105 \text{ kW.hr/año}$$

Donde: $AeeB$ Ahorro de energía eléctrica en las bombas, kW.hr/año

DeB Demanda eléctrica de las bombas, kW

$CantB$ Cantidad de bombas, 2.

TTD Tiempo de trabajo promedio diario, hr/día

Dta Días de trabajo al año, días/año

El ahorro de energía anual será:

$$AeeT = AeeE + AeeC + AeeB = 186\,278,4 + 9\,108 + 28\,105 = 223\,491,4 \text{ kW.hr/año}$$

Donde: $AeeT$ Ahorro de energía eléctrica ahorrada, total, kW.hr/año

Si a este valor lo multiplicamos por el promedio de la tarifa eléctrica de la UNE a la Empresa por la tarifa de media tensión M1A, que corresponde a 0,24 CUC/kW.hr, se obtiene:

$$Aee\$ = AeeT \cdot Tarifa = 223\,491,4 \text{ kW.hr/año} \cdot 0,24 \text{ CUC/kW.hr} = 53\,637,94 \text{ CUC/año}$$

Donde: $Aee\$$ Ahorro en dinero de energía eléctrica ahorrada, total, CUC/año

Si se tiene en cuenta que la Empresa va tener una producción de energía extra de 221,8 kW durante al menos siete horas durante el día, 335 días al año (se considera un equivalente anual de 30 días totalmente nublados), se obtiene que la Empresa puede producir y comercializar la siguiente cantidad de energía:

$$E_p = D_d \cdot T_d \cdot D_{ts} = 221,8 \text{ kW} \cdot 5 \text{ hr/día} \cdot 335 \text{ días/año} = 520\,121 \text{ kW.hr/año}$$

Donde: E_p Energía eléctrica producida, kW.hr/año
 D_d Demanda eléctrica disponible para comercializar, kW
 D_{ts} Días de trabajo soleados al año, días/año.

Si a este valor se multiplica por el promedio de la tarifa eléctrica que paga la UNE a las Empresas que generan electricidad por la tarifa Grupo C Tarifas de compra de energía eléctrica a cogeneradores independientes nacionales, que corresponde a 0,10 CUC/kW.hr, se obtiene:

$$E_p\$ = E_p \cdot \text{Tarifa}_C = 520\,121 \text{ kW.hr/año} \cdot 0,10 \text{ CUC/kW.hr} = 52\,012,10 \text{ CUC/año}$$

Donde: $E_p\$$ Dinero posible a cobrar por la energía eléctrica producida, CUC/año

Si se suma el ahorro que se obtiene en la caldera que es de 7 657,13 CUC/año (ver anexo 6), se obtiene una entrada monetaria total entre ahorro y ventas de:

$$A_{ht} = A_{ee\$} + E_p\$ + A_t = 53\,637,94 + 52\,012,10 + 7\,657,13 = 113\,307,17 \text{ CUC/año}$$

Donde: A_{ht} Entrada monetaria total, en CUC/año

A_t Ahorro por las mejoras en la caldera

3. Cálculo medioambiental

La cantidad que energía eléctrica que se deja de producir en los generadores primarios de energía que utilizan combustible fósiles, después de ejecutada la inversión propuesta, se calcula como:

$$E_{eT} = A_{eeT} + E_p = 223\,491,4 + 520\,121 = 743\,612,4 \text{ kW.hr/año}$$

Donde: E_{eT} Energía eléctrica total que se deja de producir en las centrales termoeléctricas, kW.hr/año

El combustible ahorrado por este concepto se calcula multiplicando este valor por el consumo específico de combustible medio del país, de 280 g/kW.hr (gramos de combustible por kW.hr producido)

$$C_{ah} = E_{eT} \cdot B_c = \frac{743\,612,4 \text{ kW.hr/año} \cdot 280 \text{ g/kW.hr}}{1000000 \text{ g/Tn}} = 178,5 \text{ ton/año}$$

Donde: C_{ah} Combustible fósil ahorrado al año, Ton/año
 B_c Consumo específico de combustible del país, g/kW.hr

Lo cual equivale a que gracias a la inversión propuesta, además de dejarse de consumir 178,5 de toneladas de combustibles fósiles anuales, o sea, aproximadamente 170 000 litros de hidrocarburos al año, por este concepto se dejan de emitir a la atmósfera 624 toneladas de dióxido de carbono anuales.

4. Movimiento de fondos

El movimiento de fondos de una inversión consiste en determinar en cada uno de los períodos en que se dividió el horizonte, cuántos cobros y cuántos pagos se realizan. Para facilitar su confección y análisis se realiza este movimiento en forma de tablas con los cobros y pagos a partir del momento en que se debe culminar la inversión; la resultante de esta tabla va a ser el movimiento de fondos, y se confecciona por períodos, teniendo en cuenta que todo lo que se ahorra se va a cobrar a más tardar al finalizar el año, y todo lo que se compra se va a pagar a más tardar al finalizar el año.

El valor resultante puede ser positivo o negativo; el positivo es lo que se desea y el negativo significa que la inversión no es recuperable en el horizonte determinado; esto ocurre generalmente cuando el valor de la producción que se logra con la inversión se encuentra por debajo del punto de isorrentabilidad de la empresa.

Si no se realiza el movimiento de fondo no se pueden determinar y evaluar con todo rigor las inversiones. Es aconsejable antes de acometer una inversión realizar un estudio de mercado previo, que permita tener en cuenta todas las posibilidades de ofertas; en este caso se utiliza un solo proveedor por cada equipamiento, por lo restringido del mercado cubano actual de esos equipamientos, y en algunos casos con ofertas públicas en Internet, por no existir otra opción.

En resumen se tiene una sola variante, de la cual se poseen los datos siguientes (Tabla 1):

Tabla 1: Datos de la variante

Características	Nomenclatura	Variante
Costo fijo anual = Depreciación [\$/año]	D	38 920,3
Ahorro anual [\$/año]	Ah	113 307,17
Inversión inicial [\$/]	CI	389 203,02

La depreciación se calcula como tiene normada la Empresa y se encuentra regulado por el fisco, a 10 % anual del costo de la inversión; sustituyendo en la ecuación 4 se obtiene el valor de la depreciación, que también se calcula para la variante en la tabla 2:

$$D = 0,10 \cdot CI = 38\ 920,3 \text{ CUC/año} \quad (4)$$

El movimiento de fondos de la variante se encuentra en la tabla 2 del anexo 7.

Se puede observar que en los costos fijos se tiene en cuenta la depreciación del equipamiento, y su falta de inclusión falsearía los resultados, el resto de los costos fijos y las variables son los mismos. El total de cobros son los ahorros que se pueden lograr.

A continuación se calculan los diferentes criterios de selección para alternativas de inversión, estos son:

Período de recuperación de la inversión.

Se calcula en función de los costos y los ingresos promedios anuales durante el horizonte analizado; para ello se utilizó la ecuación siguiente adaptada para una inversión que va a durar menos de un año; además, tiene en cuenta que todos los cobros y los pagos anuales son iguales.

$$Tri = \frac{CTI}{[\text{Cobros} - \text{Pagos} \cdot (Ib + 1)] \cdot (1 - Isr)} \quad (5)$$

Donde: Tri Período de recuperación de la inversión, en años.

Ib Intereses a pagar por préstamos en el año k, o intereses dejados de cobrar por extraer dinero del banco; ya se había tomado 0,02.

n Horizonte analizado, 10 años.

Isr Impuesto sobre la renta, es la parte de lo ahorrado que se paga como impuesto a la ganancia de la empresa; para la Empresa es 30 % de la ganancia.

Estos cálculos se realizaron mediante el auxilio de una hoja de cálculo insertada de Microsoft Excel, basándose el cálculo en una función financiera del propio Excel, según se observa en la tabla 2, anexo 7. En la variante propuesta la Empresa recupera el dinero invertido a los 8,62 años, que equivale a 8 años y 6 meses, inferior al horizonte de 10 años, lo cual para inversiones en energía renovable es beneficioso.

Con respecto a todo el ahorro que recibe el país el tiempo de recuperación de la inversión se determina por la expresión siguiente:

$$Tr = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{389203,02 \text{ \$}}{113307,17 \text{ \$/año}} = 3,43 \text{ años} = 3 \text{ años y 5 meses}$$

Valor actual neto.

Este criterio tiene en cuenta que el dinero invertido pierde valor con el tiempo, debido fundamentalmente al interés bancario. En su cálculo se actualizan todos los flujos de fondo de un año base, y se compara el flujo equivalente; si es mayor que cero es económico realizar la inversión, ya que permite obtener una mayor cantidad que el dinero invertido inicialmente. Todos los cálculos se realizan sobre la base de un interés conocido. Estos cálculos se realiza-

ron mediante el auxilio de una hoja de cálculo insertada de Microsoft Excel, ver tabla 2, anexo 7.

Su ecuación es la siguiente:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{Stk}{(1+i)^k} \quad (6)$$

Donde: St Movimiento de fondos, en \$.

k Período analizado, en este caso el año.

Con esta variante se obtienen 219 554,99 \$, después de haber transcurridos 10 años de haberse realizado la inversión.

Tasa interna de retorno

Consiste en la tasa de interés calculada cuando la ecuación del valor actual neto se iguala a cero. Se aplica generalmente para determinar qué interés máximo se debe aceptar de los créditos propuestos o existentes en el mercado financiero; o sea, cualquier interés de crédito o préstamo menor que el calculado es aceptable para realizar la inversión. Se calcula despejando el interés en la ecuación siguiente.

$$0 = \sum_{k=1}^n \frac{Stk}{(1 + TIR)^k} \quad (7)$$

Donde: TIR Tasa interna de retorno, en fracción.

Estos cálculos se realizaron mediante el auxilio de una hoja de cálculo insertada de Microsoft Excel, según se observa en la tabla 2, anexo 7. Como puede observarse para la variante propuesta la tasa interna de retorno es mucho mayor a 2 % definido con anterioridad, que es lo que deja de obtener la Empresa por extraer el dinero del banco, lográndose 10,67 % al invertirlo en las propuestas de mejoras expuestas.

Conclusiones

- Sustituir primero las dos bombas sumergibles actuales por las bombas sumergibles propuestas con alimentación fotovoltaica, ya que es la propuesta más rentable con respecto a su inversión.
- La inversión propuesta le va a incrementar la ganancia de la Empresa en 113 307,17 CUC anuales, lo cual tiene en cuenta los ahorros que se logran y los pagos por la generación de energía eléctrica totalmente limpia.

La inversión propuesta se recupera en 8 años y 6 meses para la Empresa, obteniéndose en el horizonte previsto un valor actual neto de 219 554,99 CUC. Con respecto a todo el ahorro que recibe el país la inversión se recupera en tres años y cinco meses.

- De solicitarse créditos para ejecutar la inversión, estos no deben aceptarse con un interés superior a 10,67 %.

- Con la inversión propuesta, además de dejarse de consumir 178,5 de toneladas de combustibles anuales en las centrales termoeléctricas, o sea, aproximadamente 170 000 litros de combustibles al año se dejan de emitir a la atmósfera 624 toneladas de dióxido de carbono.

Recomendaciones

- Diseñar e instalar un sistema de control automático que permita un trabajo con menos consumo de energía eléctrica, agua y diésel en la caldera, y además dar una respuesta óptima, rápida y segura a todas las posibles variaciones que tenga que soportar el sistema tecnológico, garantizando en todo momento los parámetros de temperatura de agua caliente que se envía al proceso.
- Garantizar, como se ha hecho hasta el momento, los mantenimientos preventivos planificados a las bombas y a la caldera, lo cual no solo incrementa la vida útil de esos equipamientos, sino que también se ahorran diésel y energía eléctrica por bombeo.
- Garantizar el suministro de las sales y reactivos a los sistemas de tratamiento químico del agua, lo cual permite alargar los períodos de limpieza y por tanto disminuir sus costos; además de reducir las incrustaciones en el equipamiento, las tuberías y los aditamentos que utilizan el agua caliente, reduciendo su rotura y reposición, y por tanto los costos de mantenimiento.

Aclaraciones

- Las propuestas realizadas están basadas en mediciones realizadas en el terreno y en información estadística facilitada por la Empresa, así como los cálculos económicos son basados en precios de productos que se encuentran en el mercado nacional (cuando están en CUC) y del mercado internacional (cuando están en euros), por lo que se acepta internacionalmente hasta un rango de 10 % de error en las estimaciones realizadas.
- El presente estudio solo puede considerarse un anteproyecto de una propuesta técnica; el proyecto detallado de la inversión debe realizarse en unión con los proveedores y montadores del equipamiento pro-

puesto y en función de sus características técnicas y de diseño.

- Los resultados obtenidos en este Estudio están basados en mediciones y cálculos realizados en un sistema y bajo condiciones técnicas específicas de su utilización en otros sistemas, instalaciones o Empresas, sin la aprobación de los autores, además de infringir las leyes de Derecho de Autor de la República de Cuba, pueden provocar resultados que impliquen riesgos y accidentes, con los cuales los autores del presente Estudio no se responsabilizan.

Bibliografía

- IDEA, INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2019). «Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura». PET-REV-enero 2019. Disponible en Internet: <http://www.idae.es>
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia19/HTML/articulo07.htm> (Revisado septiembre, 2018).
http://www.solartermica/componentes/CAPTADOR_SOLAR. (Revisado septiembre, 2019).
<http://energiasolar.11omb.com/?a=colector-solar.html>. (Revisado diciembre, 2019).
- ISACHENKO, V. ET AL. (1987). *Transmisión de Calor*. La Habana: Ed. Pueblo y Educación.
- Donald Q. Kern *Procesos de transferencia de Calor*. Trigésima cuarta reimpresión, México, 2019.
- SÁNCHEZ ÁVILA, J. L. Y MARLENE ORAMA ORTEGA (2017). «Instalaciones de refrigeración y climatización». Página Web de la Maestría en Termoenergética Industrial, Matanzas, Cuba, 2017. <http://www.fiqm.umcc.cu/dptos/cecyen/maestria/11master.html#invitacion>.
- SÁNCHEZ ÁVILA, J. L. (1999). «Desarrollo y aplicación del diagnóstico y pronóstico técnico al mantenimiento de los sistemas centralizados de aire acondicionado». Tesis de Doctorado. Universidad de Matanzas. Matanzas, 129 Páginas, 1999.
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL Y ÁNGEL RUBIO GONZÁLEZ (2007). *Combustión y Generación de vapor*. Editorial UNIVERSO SUR, 2007. http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2016/06/02/152590.php. (Revisado septiembre, 2019).

Recibido: 1ro de noviembre 2019.

Aceptado: 15 de noviembre de 2019.

Anexo 1: Determinación de la cantidad de paneles fotovoltaicos Labiofam

Uso Simultaneo

Consumo diario de Corriente de CA (Ah) **3 908,46** A/día
 Consumo Total corregido: **4 598,19** A/día

Energía total diaria **229 909,61** W/día
 Tensión CD del sistema (generalmente 12 ó 24 V) 12 Vcd
 Carga diaria corriente 19 159,13 A/día
 Multiplicar con el factor de seguridad 20% 1,2
 Carga diaria corriente corregida 22 990,96 A/día
 Promedio de horas de pico de sol por día. **5**
 Amperaje que el sistema tendrá que producir en 7 horas **4 598,19** A/día

Cálculo del número de paneles

Consumo Total corregido: 4 598,19 A/día
 Amperaje máximo del modulo solar seleccionado 7,74 Panel Policristalino 12Vdc/7,74A/250W
 Horas sin o poco Sol **11**
 Eficiencia del Panel 0,1395
 Profundidad de Descarga de la Baterías 0,87
 Coeficientes Multiplicados 10,33
 Numero de módulos **Paralelos** que se necesita **445 Paneles**
 Numero de módulos en **Serie** que se necesita 12/12=1 **1,00 Paneles**
 Area disponible para ubicar paneles (m2) **801,00** m2
 Area de un solo panel fotovoltaico (m2) 1,8 m2

Cálculo del número de baterías (opcional)

Carga total diaria 22 990,96 A/día
 Días de reserva 2 (tiempo funcionando sin sol)
 Capacidad nominal del banco de baterías 11 495,48 Ah
 Factor de profundidad de descarga 0,8 (20% de reserva en las Baterías)
 Capacidad corregida del banco de baterías 14 369,35 Ah
 Capacidad nominal de batería 75 Ah (SOLAR BLOC 75 GEL)
 Número de baterías en Paralelo de 12Vcd 192,00
 Número de baterías en Serie de 12Vcd 1,00
Total de Baterías a Instalar 192,00

Calculo de Potencia del Inversor (Solo para 220AC)

Total de Potencia Instantaneo del Inversor (Pts) **45 981,92** Wh
 TOTAL de Potencia Inversor Regimen Continuo **50 580,11** Wh
 Factor pico de arranque por Motor 1,25% **63 225,14**
 Uso no Simultaneo (Aprox. 1/3) **47 418,86** Wh
 Agregar 10% del Total Inversor **4598,192165**
Pni= 47,5 KW.h Pni > Pts

Calculo del Regulador de Carga para 12Vcd

Numero de Paneles en paralelo 445,00
 Intensidad maxima del Panel 7,74 A
 Coeficiente de Pérdidas 1,25
 Intensidad maxima del Regulador **4305,375** A

Anexo 2: Cálculo de los 4 biodigestores de Labiofam

1. Cálculo de UEB La Estrella

Aporte orgánico de la población animal.					
Tipo / Especie	Cant. de Cabezas	PVp Kg.	PVe Kg.	Cant. Excreta Prom Kg/día	Te Horas/día
Cerdos	756	45	50	3% PV 2,25	24
Vacas	0	400	350	3% PV 10	6

PVp : Peso Vivo promedio de la población animal de diseño

PVe: Peso Vivo Equivalente de la especie animal

Te: Horas del día que el animal permanece estabulado

Calculo de la cantidad de estiércol por especie

$$Ee=[Nc *(PVp/Pve)Ce*(Te/24)]$$

Ee : Estiércol Total por día de la especie animal

Nc : Numeros de cabezas por especie

Ce : Cantidad de Excreta

SS : Sólidos en Suspensión

Cerdos

$$Eec= 1530,9 \quad \text{Kg Estiércol/Día}$$

$$SSc= Eec*0,2$$

$$SSc= 306,18 \quad \text{Kg Solidos Susp./día}$$

Vacas

$$Eev= 0$$

$$SSv= 0$$

$$\text{Estiercol Total} = \text{Est.c} + \text{Est.v} = 1530,9 \quad \text{Kg Estiércol/Día}$$

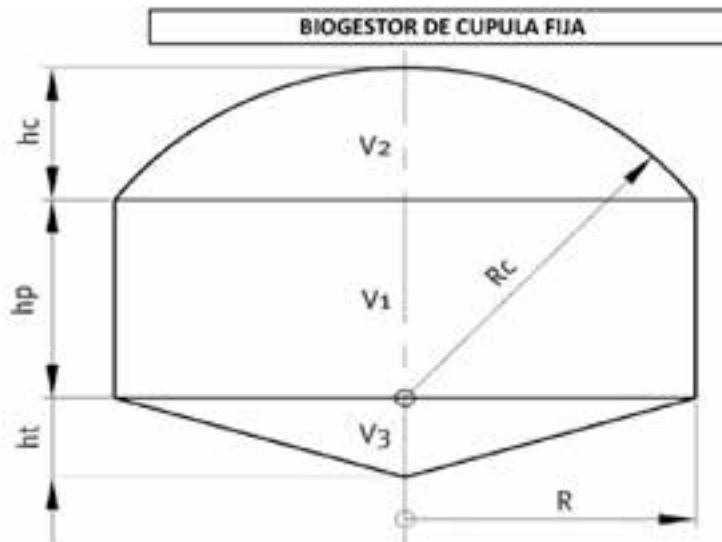
Cálculo del Volumen Total del Biogestor

$$Vt = [(SSc*Meac)+(SSv*Meav)]*Tr$$

	Excreta/Agua	T de Retención para 25 °C	Mezcla/día (kg)	Carga orgánica
Cerdo	3,00	40	60,75	20,25
Vacas	1,00	40	17,10	17,10
	Mea	Tr		

$$Vt= 183,71 \quad m^3$$

$$\text{Volumen a Estimar} = 180 \quad m^3$$



U: Unidad
 hc: Altura de la cúpula
 hp: Altura de la pared
 R: Radio básico
 Rc: Radio de la cúpula
 D: Diámetro del cilindro
 ht: Altura del cono base

La constante 1,121 es válida para la unidad de medida dada en metro.

Volumen del digestor
 $V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 = R^3 \cdot \pi \cdot 1,121$

Proporciones
 $R_c = 5 \cdot U$
 $D = 8 \cdot U$
 $hc = 2 \cdot U$
 $hp = 3 \cdot U$
 $ht = 0,15 \cdot D$

Volúmenes parciales
 $V_{1_{cilindro}} = R^2 \cdot hp \cdot \pi$
 $V_{2_{cúpula}} = hc^3 \cdot \pi \cdot [Rc \cdot (hc/3)]$
 $V_{3_{cono}} = R^2 \cdot \pi \cdot (ht/3)$

Unidad proporcional
 $U = R/4$

Radio básico
 $R = \sqrt[3]{V_{tot} / (\pi \cdot 1,121)}$

R=	3,71	metros			
U=	0,93	metros			
Rc=	4,64	metros			
D=	7,42	metros			
hc=	1,86	metros			
hp=	2,78	metros	Profundidad o		
ht=	1,11	metros	Altura Total=	5,75	metros

Criterio de Diseño para Carga Orgánica < 2,0 Kg/M3/día
 $20,25 \text{ Kg} + 0 \text{ Kg} = 20,25 \text{ Kg} / 184 \text{ m}^3 = 0,11 < 2,0 \text{ Kg/M}^3/\text{Día}$

Relacion de Biogestores Estándares

	12	24	36	42	Propuesto
VOLUMEN DEL BIODIGESTOR (M3)	12	24	36	42	180
VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL GAS (M3)	3,75	7,15	8,14	10,3	36,8
RELACION VOLUMEN DEL BIODIGESTOR/VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL BIOGÁS	3,2	3,4	4,4	4,1	4,9

2. Cálculo de UEB Petrona

Aporte orgánico de la población animal.					
Tipo / Especie	Cant.	PVp	PVe	Cant. Excreta	Te
	de Cabezas	Kg.	Kg.	Prom Kg/día	Horas/día
Cerdos	900	45	50	3% PV 2,25	24
Vacas	0	400	350	3% PV 10	6

PVp : Peso Vivo promedio de la población animal de diseño

PVe: Peso Vivo Equivalente de la especie animal

Te: Horas del día que el animal permanece estabulado

Calculo de la cantidad de estiércol por especie

$$Ee = [Nc * (PVp/PVe) Ce * (Te/24)]$$

Ee : Estiércol Total por día de la especie animal

Nc : Numeros de cabezas por especie

Ce : Cantidad de Excreta

SS : Sólidos en Suspensión

Cerdos

Vacas

Eec=	1822,5	Kg Estiércol/Día	Eev=	0
SSc= Eec*0,2			SSv=	0
SSc=	364,5	Kg Solidos Susp./día		

Estiercol Total= Est.c + Est.v = **1822,5 Kg Estiércol/Día**

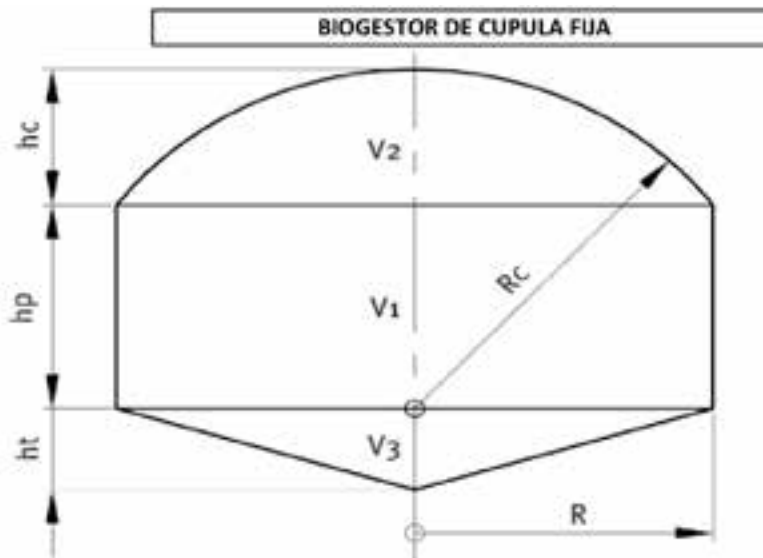
Cálculo del Volumen Total del Biogestor

$$Vt = [(SSc * Meac) + (SSv * Meav)] * Tr$$

	Excreta/Agua	T de Retención para 25 °C	Mezcla/día (kg)	Carga orgánica
Cerdo	3,00	40	60,75	20,25
Vacas	1,00	40	17,10	17,10

Vt= 218,70 m3

Volumen a Estimar = 220 m3



U: Unidad
 hc: Altura de la cúpula
 hp: Altura de la pared
 R: Radio básico
 Rc: Radio de la cúpula
 D: Diámetro del cilindro
 ht: Altura del cono base

La constante 1,121 es válida para la unidad de medida dada en metro.

Volumen del digestor
 $V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 = R^2 \cdot \pi \cdot 1,121$

Proporciones
 $R = 5 \cdot U$
 $D = 8 \cdot U$
 $hc = 2 \cdot U$
 $hp = 3 \cdot U$
 $ht = 0,15 \cdot D$

Volúmenes parciales
 $V_{1_{cilindro}} = R^2 \cdot hp \cdot \pi$
 $V_{2_{cúpula}} = hc^2 \cdot \pi \cdot [Rc \cdot (hc/3)]$
 $V_{3_{cono base}} = R^2 \cdot \pi \cdot (ht/3)$

Unidad proporcional
 $U = R/4$

Radio básico
 $R = \sqrt[3]{V_{tot} / (\pi \cdot 1,121)}$

R=	3,97	metros			
U=	0,99	metros			
Rc=	4,96	metros			
D=	7,94	metros			
hc=	1,98	metros			
hp=	2,98	metros	Profundidad o		
ht=	1,19	metros	Altura Total=	6,15	metros

Criterio de Diseño para Carga Orgánica < 2,0 Kg/M3/día
20,25 Kg+0 Kg=20,25 Kg/184m3= 0,11 < 2,0 Kg/M3/Día

Relacion de Biogestores Estándares

	12	24	36	42	Propuesto
VOLUMEN DEL BIODIGESTOR (M3)					220
VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL GAS (M3)	3,75	7,15	8,14	10,3	44
RELACIÓN VOLUMEN DEL BIODIGESTOR/VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL BIOGÁS	3,2	3,4	4,4	4,1	5,0

3. Cálculo de UEB Casualidad

Aporte orgánico de la población animal.					
Tipo / Especie	Cant.	PVp	PVe	Cant. Excreta	Te
	de Cabezas	Kg.	Kg.	Prom Kg/día	Horas/día
Cerdos	800	45	50	3% PV 2,25	24
Vacas	0	400	350	3% PV 10	6

PVp : Peso Vivo promedio de la población animal de diseño

PVe: Peso Vivo Equivalente de la especie animal

Te: Horas del día que el animal permanece estabulado

Calculo de la cantidad de estiércol por especie

$$Ee = [Nc * (PVp/Pve)Ce*(Te/24)]$$

Ee : Estiércol Total por día de la especie animal

Nc : Numeros de cabezas por especie

Ce : Cantidad de Excreta

SS : Sólidos en Suspensión

Cerdos

Vacas

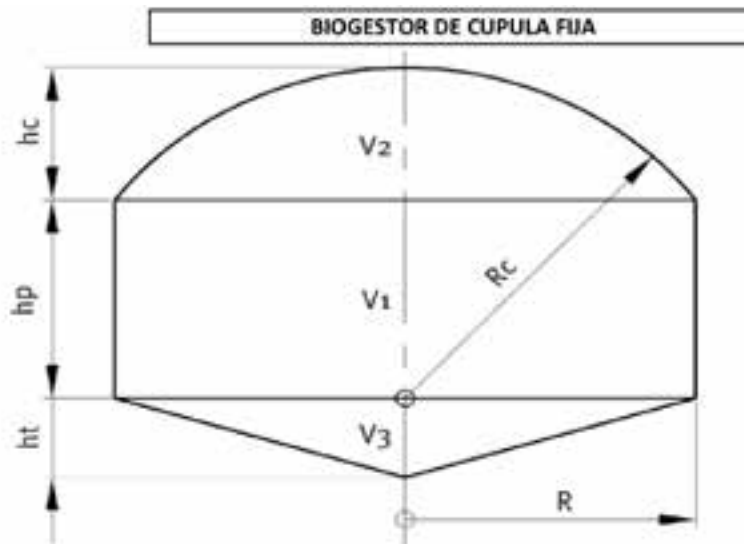
Eec=	1620	Kg Estiércol/Día	Eev=	0
SSc= Eec*0,2			SSv=	0
SSc=	324	Kg Solidos Susp./día		
Estiercol Total= Est.c + Est.v =	1620	Kg Estiércol/Día		

Cálculo del Volumen Total del Biogestor

$$Vt = [(SSc*Meac)+(SSv*Meav)]*Tr$$

	Excreta/Agua	T de Retención para 25 °C	Mezcla/día (kg)	Carga orgánica
Cerdo	3,00	40	60,75	20,25
Vacas	1,00	40	17,10	17,10
	Mea	Tr		
Vt=	194,40	m3		

Volumen a Estimar = 200 m3



U: Unidad
 hc: Altura de la cúpula
 hp: Altura de la pared
 R: Radio básico
 Rc: Radio de la cúpula
 D: Diámetro del cilindro
 ht: Altura del cono base

Proporciones
 $R_c = 5 \cdot U$
 $D = 8 \cdot U$
 $hc = 2 \cdot U$
 $hp = 3 \cdot U$
 $ht = 0,15 \cdot D$

Unidad proporcional
 $U = R/4$

La constante 1,121 es válida para la unidad de medida dada en metro.

Volumen del digestor
 $V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 = R^3 \cdot \pi \cdot 1,121$

Volúmenes parciales
 $V_{1_{cilindro}} = R^2 \cdot hp \cdot \pi$
 $V_{2_{segmento esférico}} = hc^3 \cdot \pi \cdot [Rc \cdot (hc/3)]$
 $V_{3_{cono base}} = R^2 \cdot \pi \cdot (ht/3)$

Radio básico
 $R = \sqrt[3]{V_{tot} / (\pi \cdot 1,121)}$

R=	3,97	metros		
U=	0,99	metros		
Rc=	4,96	metros		
D=	7,94	metros		
hc=	1,98	metros		
hp=	2,98	metros	Profundidad o	
ht=	1,19	metros	Altura Total=	6,15 metros

Criterio de Diseño para Carga Orgánica < 2,0 Kg/M3/día
20,25 Kg+0 Kg=20,25 Kg/184m3= 0,11 < 2,0 Kg/M3/Día

Relacion de Biogestores Estándares

	12	24	36	42	Propuesto
VOLUMEN DEL BIODIGESTOR (M3)	12	24	36	42	220
VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL GAS (M3)	3,75	7,15	8,14	10,3	44
RELACION VOLUMEN DEL BIODIGESTOR/VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL BIOGÁS	3,2	3,4	4,4	4,1	5,0

4. Cálculo de UEB La Conga

Aporte orgánico de la población animal.					
Tipo / Especie	Cant.	PVp	PVe	Cant. Excreta	Te
	de Cabezas	Kg.	Kg.	Prom Kg/día	Horas/día
Cerdos	80	45	50	3% PV 2,25	24
Vacas	0	400	350	3% PV 10	6

PVp : Peso Vivo promedio de la población animal de diseño

PVe: Peso Vivo Equivalente de la especie animal

Te: Horas del día que el animal permanece estabulado

Calculo de la cantidad de estiércol por especie

$$Ee = [Nc * (PVp/Pve)Ce * (Te/24)]$$

Ee : Estiércol Total por día de la especie animal

Nc : Numeros de cabezas por especie

Ce : Cantidad de Excreta

SS : Sólidos en Suspensión

Cerdos

Eec= 162 Kg Estiércol/Día
 SSc= Eec*0,2
 SSc= 32,4 Kg Solidos Susp./día

Vacas

Eev= 0
 SSv= 0

Estiercol Total= Est.c + Est.v = **162 Kg Estiércol/Día**

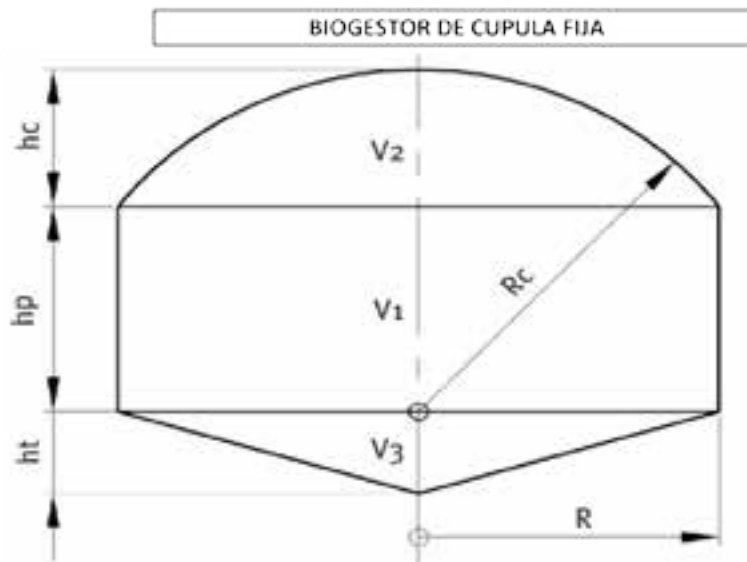
Cálculo del Volumen Total del Biogestor

$$Vt = [(SSc * Meac) + (SSv * Meav)] * Tr$$

	Excreta/Agua	T de Retención para 25 °C	Mezcla/día (kg)	Carga orgánica
Cerdo	3,00	40	60,75	20,25
Vacas	1,00	40	17,10	17,10
	Mea	Tr		

Vt= 19,44 m3

Volumen a Estimar = 24 m3



U: Unidad
 hc: Altura de la cúpula
 hp: Altura de la pared
 R: Radio básico
 Rc: Radio de la cúpula
 D: Diámetro del cilindro
 ht: Altura del cono base

La constante 1,121 es válida para la unidad de medida dada en metro.

Volumen del digestor
 $V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 = R^2 \cdot \pi \cdot 1,121$

Proporciones

$R_c = 5 \cdot U$
 $D = 8 \cdot U$
 $hc = 2 \cdot U$
 $hp = 3 \cdot U$
 $ht = 0,15 \cdot D$

Volúmenes parciales

$V_{1_{cilindro}} = R^2 \cdot hp \cdot \pi$
 $V_{2_{segmento esférico}} = hc^2 \cdot \pi \cdot [Rc \cdot (hc/3)]$
 $V_{3_{cono base}} = R^2 \cdot \pi \cdot (ht/3)$

Unidad proporcional
 $U = R/4$

Radio básico

$$R = \sqrt[3]{V_{tot} / (\pi \cdot 1,121)}$$

R=	1,90	metros		
U=	0,47	metros		
Rc=	2,37	metros		
D=	3,79	metros		
hc=	0,95	metros		
hp=	1,42	metros	Profundidad o	
ht=	0,57	metros	Altura Total=	2,94 metros

Criterio de Diseño para Carga Orgánica < 2,0 Kg/M3/día
 $20,25 \text{ Kg} + 0 \text{ Kg} = 20,25 \text{ Kg} / 184 \text{ m}^3 = 0,11 < 2,0 \text{ Kg/M}^3/\text{Día}$

Relacion de Biogestores Estándares

		Propuesto		
VOLUMEN DEL BIODIGESTOR (M3)	12	24	36	42
VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL GAS (M3)	3,75	7,15	8,14	10,3
RELACION VOLUMEN DEL BIODIGESTOR/VOLUMEN DE ALMACENAJE DEL BIOGAS	3,2	3,4	4,4	4,1

Anexo 3: Cálculo y selección de un bombeo fotovoltaico de Agua para Labiofam

Caudal diario promedio necesario: Total= Qd = 7 m³ = 7000 Lts/Día

Sistema de Bombeo Sumergible LORENTZ (Controlador, Sensor de Pozo, Cables incluidos)

Modelo PS200 HR-04 7,300 L/Día 24-48V 0-50m

Radiación Solar 5 KWh/m²/día

Altura Total = 40m

Caudal Diario = 6,0 m³

Profundidad del pozo: 20 m

Altura del tanque: 10 m

HT = Ht + Hp=20m + 10m =30m Qmax = 1,25 Qd = 7,5 m³/Día

Pot Hidraulica (PH) = 10000*Qmax*HT/86400 = 0,116Qmax*HT [W]= 261 W

Pot Solar (Ps) = (24/5) 5 horas de sol(0,116Qmax)*HT/Hb (Eficiencia Bomba)

Ps = (4,8* 8,7)(30/0,4) = 41,76 * 75 = 3132 W

Arreglo de Paneles Fotovoltaico 12,5 Paneles de 250W

Normalizando cantidad de Paneles Fotovoltaico: 13 Paneles de 250W

Anexo 5: Cálculo de la inversión total para la aplicación de la energía renovable en Labiofam Matanzas

Nº	Actividades	Recursos	UM	Cant	Precio EUROS	Importe EUROS	Precio CUC	Importe CUC
1	ASESORÍA sobre Tecnología de Paneles Solares	Viajes de Intercambio Profesional	U	1	0,00	0,00	1000,00	1000,00
	ASESORÍA sobre Tecnología de Bombeo Fotovoltaico	Viajes de Intercambio Profesional	U	1	0,00	0,00	500,00	500,00
	ASESORÍA sobre Tecnología de los Biogestores	Viajes de Intercambio Profesional	U	1	0,00	0,00	1000,00	1000,00
	Sub-Total					0,00		2500,00
2	1era Etapa							
	Construcción de un Biogestor de 180 m3	Bloques de 20x30x50	U	2400		0,00	0,28	672,00
		Cemento P350	U	400		0,00	6,60	2640,00
		Ladrillos de barro	U	600		0,00	0,15	90,00
		Arena	M3	16		0,00	6,40	102,40
		Piedra	M3	12		0,00	8,00	96,00
		Grava	M3	4		0,00	8,00	32,00
		Cal	U	80		0,00	5,00	400,00
		Barra de Acero	Tiras	80		0,00	3,25	260,00
		Tuberías 1/2"	m	400		0,00	1,52	608,00
		Impermeabilizantes y Pintura	U	60		0,00	100,00	6000,00
		Filtro de 5H	U	1		0,00	40,00	40,00
		Manómetro 6 bar D-80mm 1/2"	U	2		0,00	12,52	25,04
		Válvula de bola 1/2"	U	2		0,00	9,18	18,36
	Subtotal					0,00		10983,80
3	1era Etapa							
	Construcción de un Biogestor de 220 m3	Bloques de 20x30x50	U	3600		0,00	0,28	1008,00
		Cemento P350	U	600		0,00	6,60	3960,00
		Ladrillos de barro	U	900		0,00	0,15	135,00
		Arena	M3	24		0,00	6,40	153,60
		Piedra	M3	18		0,00	8,00	144,00
		Grava	M3	6		0,00	8,00	48,00
		Cal	U	120		0,00	5,00	600,00
		Barra de Acero	Tiras	120		0,00	3,25	390,00
		Tuberías 1/2"	m	600		0,00	1,52	912,00
		Impermeabilizantes y Pintura	U	90		0,00	100,00	9000,00
		Filtro de 5H	U	1		0,00	40,00	40,00
		Manómetro 6 bar D-80mm 1/2"	U	2		0,00	12,52	25,04
		Válvula de bola 1/2"	U	2		0,00	9,18	18,36
	Subtotal					0,00		16434,00
4	1era Etapa							
	Construcción de un Biogestor de 200 m3	Bloques de 20x30x50	U	3000		0,00	0,28	840,00
		Cemento P350	U	500		0,00	6,60	3300,00
		Ladrillos de barro	U	750		0,00	0,15	112,50
		Arena	M3	20		0,00	6,40	128,00
		Piedra	M3	15		0,00	8,00	120,00
		Grava	M3	5		0,00	8,00	40,00
		Cal	U	100		0,00	5,00	500,00

Estudio para la aplicación de la energía renovable en la Empresa Labiofam Matanzas

Anexo 5: Cálculo de la inversión total para la aplicación de la energía renovable en Labiofam Matanzas

	Barras de Acero	Tiras	100		0,00	3,25	325,00
	Tuberías 1/2"	m	500		0,00	1,52	760,00
	Impermeabilizantes y Pintura	U	75		0,00	100,00	7500,00
	Filtro de 5H	U	1		0,00	40,00	40,00
	Manómetro 6 bar D-80mm 1/2"	U	2		0,00	12,52	25,04
	Válvula de bola 1/2"	U	2		0,00	9,18	18,36
	Subtotal				0,00		13708,90
5	1era Etapa						
	Construcción de un Biogestor de 24 m3	Bloques de 20x10x50	U	600	0,00	0,28	168,00
		Cemento P350	U	100	0,00	6,60	660,00
		Ladrillos de barro	U	150	0,00	0,15	22,50
		Arena	M3	4	0,00	6,40	25,60
		Piedra	M3	3	0,00	8,00	24,00
		Grava	M3	1	0,00	8,00	8,00
		Cal	U	20	0,00	5,00	100,00
		Barras de Acero	Tiras	20	0,00	3,25	65,00
		Tuberías 1/2"	m	100	0,00	1,52	152,00
		Impermeabilizantes y Pintura	U	15	0,00	100,00	1500,00
		Filtro de 5H	U	1	0,00	40,00	40,00
		Manómetro 6 bar D-80mm 1/2"	U	2	0,00	12,52	25,04
		Válvula de bola 1/2"	U	2	0,00	9,18	18,36
	Subtotal				0,00		2808,50
6	2da Etapa	Sistema de Bombeo Fotovoltaico				0,00	0,00
	Compra del Sistema Bombeo Fotovoltaico	Modelo P5200 HR-04 7.300 L/Día 24-48V 0-50m	U	2	1348,00	2696,00	0,00
		Con arreglo de 10 Paneles Solares	U	26	326,00	8476,00	0,00
		Accesorios para Montaje del modelo	U	2	2500,00	5000,00	0,00
	Subtotal				16172,00		4740,90
7	2da Etapa					0,00	0,00
	Compra del Destilador	Cristales o policarbonato transparente	m2	100	0,00	5,00	500,00
		Planchas de paneles plásticos	m2	120	0,00	10,00	1200,00
		Uniones para cristales y plástico	U	1280	0,00	0,55	704,00
		Vigas L de aluminio para soporte, 1 pulg	m	1200	0,00	1,15	1380,00
		Bases de hormigón prefabricadas	U	12	0,00	75,00	900,00
	Subtotal				32344,00		12316,80
8	2da Etapa					0,00	0,00
	Compra de colectores solares para el calentamiento del agua de alimentar la caldera	Colectores solares térmicos de 1,2 m2	U	2	0,00	250,00	500,00
		Tuberías	m	120	0,00	1,60	192,00
		Accesorios para Montaje del modelo	U	20	0,00	5,55	111,00
		Tanque termoculación de agua caliente	U	1	0,00	175,00	175,00
	SubTotal				0,00		4684,00
9	3ra Etapa						
	Inversión Sistema Paneles Fotovoltaico						
	Paneles Fotovoltaicos	Panel Policristalino 12Vdc/7,74A/250W	U	845	326,00	145070,00	0,00
	Bateria SOLAR BLOC 75 GEL	12 Vdc a 75Ah	U	0	426,50	0,00	0,00
	Cargador Baterías Fotovoltaico Monofásico	12Vdc / 60W Marca TUDOR	U	0	839,50	0,00	0,00
	Inversor de Red	FRONIUS 1060 150/530V 4500/5000W	U	1	3500,00	3500,00	0,00
	SubTotal				148570,00		0,00
10	Compra de un Refrigerador Gas para cada UE8	Capacidad 7,8 pie cu/ft	U	4	0,00	500,00	2000,00
	Consumo 700 btu/hora	Válvula de Seguridad Automática	U	4	0,00	50,00	200,00
	Equivalente a 2 Bajas de 25 Lbs por 12 días				0,00	0,00	0,00
	SubTotal				0,00		2200,00
11	Compra de Compresor de Gas Metano Simple	Compresor de Biogas	U	1	600,00	600,00	0,00
	Compra de alumbrado con biogas	Lámparas	U	500	2,00	1000,00	0,00
	SubTotal				1600,00		0,00
12	Modulo de Informatizacion (Laptop)	Laptop Core i3/7500b HD0/4Gb DDR3	U	1	700,00	700,00	0,00
13	Computadora de control con periféricos		U	1	1500,00	1500,00	0,00
	SubTotal				2200,00		0,00
	SubTotal general				200886,00	0,00	70376,90
14	Trabajos de Montaje de los Proyectos	30% del Total	U	1	60265,80		21133,07
	TOTAL				261151,80		91489,97

Anexo 6: Propuesta de mejora de la caldera de Labiofam

Rule
;Anexo 6: Propuesta de mejora de la caldera de Labiofam
ie=SENTHALPY(1;'WATER;'T; Te; 'P; Pe)/1000
is=SENTHALPY(1;'WATER;'T; Ts; 'P; Ps)/1000
$\zeta=(Da*(is-ie))/(VCI*Bc)*100$
Te=te+273,15
Ts=ts+273,15
Pe=Ps
Tec=tec+273,15
iec=SENTHALPY(1;'WATER;'T; Tec; 'P; Pe)/1000
$Bcc=(Da*(is-iec))/(VCI*\zeta)*100$
Rcc=Bcc/Bc
Cdc=Bc*htd
Rcdc=Rcc*Cdc
Ahc=Rcdc*365
AhcS=Ahc*Precio
Ca=Da*htd
Cad=Ca*%Ar
Caa=Cad*365
CaS=Pa*Caa/1000
At=CaS+AhcS

Input	Name	Output	Unit	Comment
25	te		oC	Temperatura de entrada del agua
155	ts		oC	Temperatura de salida del agua
610000	Pe		Pa	Presion de entrada
43100	VCI		kJ/kg	Valor calorico del Diesel
440	Da		lt/hr	Flujo de agua
8	Bc		lt/hr	Consumo de combustible
80	tec		oC	Temperatura de entrada agua calentada
5	htd		hr/dia	Horas de trabajo al dia de la caldera
,8	Precio		S/lt	Precio del combustible
1,2	Pa		S/m3	Precio del agua
,91	%Ar		Fraccion	Por ciento de agua que se puede recuperar
	Tec	353,15	K	Temperatura del agua calentada a la entrada
	ie	105,39	kJ/kg	Entalpia del agua a la entrada
	is	653,83	kJ/kg	Entalpia del agua a la salida
	icc	335,46	kJ/kg	Entalpia de entrada del agua calentada
	Te	298,15	K	Temperatura de entrada del agua
	Ts	428,15	K	Temperatura de salida del agua
	Ps	610000	Pa	Presion de salida
	ç	69,99	%	Eficiencia de la caldera
	Bcc	4,64	lt/hr	Consumo de combustible
	Rcc	,58	Fraccion	% Reduccion del consumo de combustible
	Cdc	40	lt/dia	Consumo diario de combustible
	Rcdc	23,22	lt/dia	Reduccion diaria del consumo de combustible
	Ahc	8475,32	lt/anual	Ahorro anual de combustible
	Ahc\$	6780,26	S/anual	Ahorro de dinero anual de combustible
	Cad	2002	lt/dia	Cantidad de agua que se puede recuperar diario
	Caa	730730	lt/anual	Cantidad de agua que se puede recuperar anual
	Ca	2200	lt/dia	Cantidad de agua que se vierte diario
	Ca\$	876,88	S/anual	Ahorro de dinero anual de agua
	At	7657,13	S/anual	Ahorro total de dinero anual

Anexo 7: Movimiento de fondos de la variante

Tabla 2: Movimiento de fondos de la variante

Conceptos	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (CTI)	444 237,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos fijos (D)	0,00	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30
Total de pagos	444 237,80	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30	38 920,30
Total de cobros	0,00	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17	113 307,17
Mov. de fondos	-444 237,80	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87	74 386,87
Mov. acumulado	-444 237,80	-369 850,93	-295 464,06	-221 077,20	-146 690,33	-72 303,46	2083,41	76 470,28	150 857,14	225 244,01	299 630,88

Tri=	8,62	años
VAN=	219557,42	\$
TIR=	10,67	%

Datos

Tasa de interés	%	2
Impuesto sobre renta	%	30
Costo de inversión	\$	389203,02
Ahorro	\$/año	113307,17