



UNIVERSIDAD  
**CIENFUEGOS**  
Carlos Rafael Rodríguez

# *Maestría Eficiencia Energética*

## *Tesis en Opción al Grado de Master en Eficiencia Energética*

*Tema: Diseño del parque de Energía Renovable*

*Autor: Víctor Manuel González Ravelo*

*Tutor: Dr. Leonel Martínez Díaz*

*Dr. Juan Castellanos Alvarez*

*Curso*

*2007-2008*



**CEEMA**

Centro de Estudios de Energía  
y Medio Ambiente



**MECÁNICA**

## DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

### UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS

“Carlos Rafael Rodríguez”

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” como parte de la culminación de los estudios de la Maestría en Eficiencia Energética; autorizando a que el mismo sea utilizado por la Universidad de Cienfuegos para los fines que estimen convenientes, tanto de forma parcial como total, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

---

Firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de este envergadura, referido a la temática señalada.

---

Información Científico Técnico.

Nombre y Apellidos. Firma.

---

Computación.

Nombre y Apellidos. Firma.

---

Firma de los tutores

---

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellidos. Firma.

# *Resumen*

---

## **Resumen**

El Parque Ecológico Experimental de Energía Renovable se concibe ubicado en los entornos de la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez que se encuentra situada en el Consejo Popular Pastorita y muy cercana al resto de las comunidades de la Ciudad de Cienfuegos. En este trabajo se aborda la confección del diseño de un parque de fuentes renovables de energía , primeramente se realiza una explicación detallada y extensa de cada una de las fuentes renovables de energía donde se da una panorámica del surgimiento y desarrollo de cada una de ellas, luego se elabora el diseño del parque de fuentes renovables donde se brinda un esquema general de la instalación y de los equipos principales; se dan características de diseño, características constructivas, características mecánicas, etc. También se hace un esquema didáctico de lo que se va a enseñar en el parque teniendo en cuenta los fundamentos básicos de la estrategia didáctica y los estratos de la sociedad que van a aprender en el parque de fuentes renovables.

# *Índice*

Índice	Página
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo I: DIFERENTES FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA</b> .....	3
1.1. - Energía Y Vida.....	3
1.2 - Energías Renovables.....	5
1.3 - Energía Solar Fotovoltaica.....	6
1.3.1 -El efecto fotovoltaico.....	7
1.3.2 -Generador fotovoltaico.....	8
1.4- Energía Solar Térmica.....	9
1.4.1- Calentadores Solares De Agua.....	9
1.4.2 - Calentadores Solares De Aire.....	10
1.4.3 - Secadores Solares.....	11
1.4.4 - Sistema de Refrigeración por absorción.....	11
1.5 - Energía Eólica.....	15
1.5.1 - Molinos De Viento.....	16
1.5.2 - Aerobombas De Segunda Generación.....	17
1.5.3 - Producción De Electricidad Con Energía Eólica.....	19
1.5.4 - Estadística de la Utilización de la Energía Eólica.....	24
1.6 – Energía De La Biomasa.....	27
1.6.1 –Biogás.....	27
1.6.2 –Explotación del Digestor de Biogás.....	30

1.6.3 - Principios Teóricos Del Funcionamiento De Los Digestores De Biogás.	34
1.6.4 - Principios Prácticos Del Funcionamiento De Los Digestores De Biogás De Cúpula Fija (Modelo Chino).	36
1.6.5 - Arranque, Operación Y Mantenimiento De Los Biodigestores.....	42
1.6.6 - Significado Ambiental Del Uso De Los Bío-Digestores.....	43
1.6.7 - Disposición Final De Los Lodos.....	46
1.6.8- Biomasa Cañera.....	47
1-6-9 Biocombustibles.....	50
1.7 - Energía Hidráulica.....	54
1-7-1-Centrales hidroeléctricas.....	58
1-7-2-Arietes Hidráulicos.....	61
1-7-3 Motor Hidráulico De Pistón.....	64
1.8- Energía Geotérmica.....	67
1.9 – Energía Mareomotriz.....	68
1.9.1 Energía de las olas.....	73
<b>CAPITULO II. DISEÑO DEL PARQUE DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.....</b>	<b>77</b>
2.1. Introducción.....	77
2.2. Esquema General del Parque de Fuentes Renovables de Energía.....	78
2.3. Cálculos de las Máquinas principales.....	81
2.3.1. Máquinas principales.....	81
2.3.2. Cálculo del Ariete Hidráulico.....	81
2.3.3. Cálculo de la Turbina Pelton.....	90
2.3.4. Diseño de un Biogás.....	96
2.3.5. Parámetros para la construcción de Calentadores solares.....	106
2.3.6. Elementos constructivos del Motor Hidráulico de Pistón.....	107
2.3.7. Características Constructivas Y De Trabajo De Las Aerobombas.....	111
<b>CAPITULO III. . ESQUEMA DIDÁCTICO DEL PARQUE DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.....</b>	<b>116</b>
3.1. Introducción.....	116
3.2. Fundamentación De Las Estrategias Didácticas.....	118

3.3- Diferentes Formas De Aprendizaje A Través Del Parque Tecnológico...	122
3.3.1- Estrategia De Aprendizaje Para La Maestría De Eficiencia Energética...	124
3.3.2-Estrategia De Aprendizaje Para Los Estudiantes De La Carrera De Mecánica De La Universidad De Cienfuegos.....	133
<b>CONCLUSIONES</b> .....	138
RECOMENDACIONES.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	140
Referencia Bibliográfica.....	142

# *Introducción*

## **INTRODUCCIÓN.**

El Universo científico internacional esta de acuerdo en expresar que el clima global se esta viendo afectado en este siglo y aumentara su deterioro en el siglo que viene debido a la concentración de los gases de invernadero, esto se debe fundamentalmente al uso indiscriminado de los combustibles fósiles, a la utilización en los sistemas de refrigeración de los gases agotadores de la capa de ozono, etc.

El cambio climático afectara de forma directa la vida en todas sus manifestaciones, tanto a las personas, como a los animales y a las plantas; esta afectación va a estar dada fundamentalmente por la expansión de enfermedades infecciosas, las inundaciones provocadas por el deshielo de los cascos polares y

la ocurrencia de eventos meteorológicos más intensos (sequías, lluvias, potentes huracanes), etc.

La comunidad internacional se ha dado cuenta que una de las vías para disminuir el deterioro ambiental es el uso de las energías limpias, por lo que se están trazando políticas y estrategias encaminadas a incrementar el uso de las fuentes renovables de energía como alternativa para disminuir el consumo de los combustibles fósiles y así disminuir la contaminación ambiental.

En nuestro país se están haciendo esfuerzos extraordinarios para disminuir la contaminación ambiental. Una de las acciones fundamentales que ha llevado a cabo nuestro gobierno es la Revolución Energética la cual tiene como objetivos aumentar la eficiencia de los procesos energéticos, incrementar la política de ahorro, eliminar el consumo innecesario de combustibles fósiles y utilizar las fuentes renovables de energía como alternativa viable para disminuir la contaminación.

Sobre este último aspecto desde hace muchos años se ha trabajado en función de incentivar el uso de las diferentes fuentes de energías limpias ó renovables, pero aún queda por hacer pues en algunos casos falta la voluntad para emprender el camino en esta dirección, en otros casos el compromiso impera y en muchas situaciones falta el conocimiento necesario para encender la llama. Por lo que se puede plantear que aún existe un PROBLEMA dado por la insuficiente cultura energética ambiental que permita educar, motivar e informatizar a gran parte de la sociedad.

Contribuir a la solución del problema anterior en este trabajo se propone como HIPÓTESIS: El proyecto de un parque de Energías Renovables en áreas de la Universidad de Cienfuegos y una Estrategia Didáctica Motivacional, Formadora y Creadora de Conocimientos, tomando como base las tecnologías que se proponen, pueden contribuir a fomentar la cultura en el uso de las energías limpias influyendo así positivamente en el impacto global total.

Este trabajo tiene como OBJETIVO GENERAL:

Proyectar un Parque de Fuentes Renovables de Energía y establecer estrategia para el uso del mismo en función de aprendizaje a partir de las diferentes tecnologías de energía renovables.

Como objetivos específicos se establecen los siguientes:

Proporcionar un resumen de las informaciones técnicas más importantes a cerca de las fuentes renovables de energía así como la situación actual de las mismas tanto en Cuba como en el Mundo.

Realizar el Diseño Constructivo de un Parque Didáctico de Fuentes Renovables de Energía.

Diseñar un esquema didáctico para la enseñanza en el parque tecnológico teniendo en cuenta las diferentes formas de aprendizaje.

# *Capítulo I*

## **CAPITULO I. DIFERENTES FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**

### **1.1- ENERGIA Y VIDA.**

El desarrollo de la sociedad humana se ha basado fundamentalmente en el aprovechamiento de las fuentes energéticas primarias disponibles en la naturaleza. Así, tanto el fuego y madera en épocas antiguas como el petróleo y gas en la actualidad se han usado para mejorar el nivel de vida de la población soportado en un impresionante progreso tecnológico e industrial. Sin embargo, tienen una baja eficiencia, son limitados y su uso intensivo e indiscriminado ha ocasionado graves daños al ambiente con consecuencias nefastas que ponen en peligro la vida en todas sus formas e incluso al planeta mismo.

La evolución de los sistemas energéticos no es nueva, desde cuando el carbón sustituyó a la madera y luego cuando el petróleo se utilizó primero para alumbrado y después para alimentar la revolución del transporte; también cuando el gas ganó mercados debido a su limpieza y eficacia y cuando surgieron las energías alternativas, se ha dado una evolución permanente.

La energía está involucrada en todos los aspectos de nuestra vida; así cuando una persona habla de energía se está refiriendo a la gasolina para su automóvil, a la electricidad para iluminación y para acondicionamiento del aire ambiente. El sector industrial consume enormes cantidades de energía tanto para operación como para satisfacer las necesidades de calor, luz, refrigeración, transporte y otros servicios.

También un alto nivel significa que la sociedad dispone de buenos servicios médicos, sanitarios, de transporte, protección y seguridad ciudadana. Se puede decir entonces que el nivel de vida de un país depende de la cantidad de energía disponible por persona; por ésta se entiende no sólo la energía bajo su control directo sino también la energía promedio por persona usada en las industrias para proveer materiales de confort, para transporte y otros servicios. Tal que mientras más energía por persona use un país, más alto será su nivel de vida.

La evolución de la sociedad humana ha estado unida al descubrimiento y aprovechamiento de las fuentes de energía. Las distintas civilizaciones que se han dado en el transcurrir de los tiempos usualmente se han identificado por el estado de su desarrollo tecnológico; así han existido: “la era del hierro”, “la era del vapor” o “la era nuclear”, por nombrar las mas conocidas.

Contrario a la creencia general, las fuentes primarias de energía son más bien pocas y de ellas se derivan vectores energéticos o portadores de energía en forma útil para su aprovechamiento, un ejemplo emblemático de estos vectores es la electricidad. Un diagrama resumido de tales fuentes lo veremos a continuación:

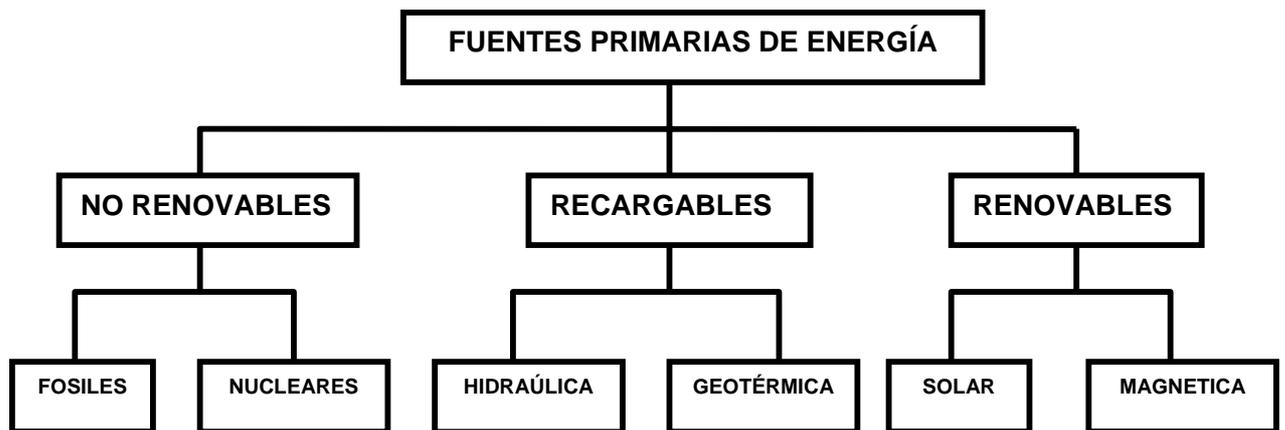


Fig. 1.1. Esquema General de las Distintas Fuentes de Energía.

En la actualidad, las fuentes fósiles prevalecen sobre las otras fuentes, tanto en consumo como en producción.

*Consumo Mundial de Energía por Fuente*

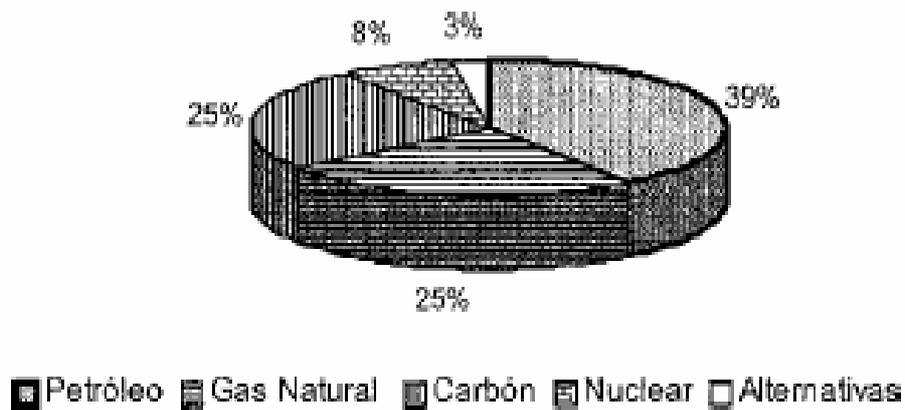


Fig. 1.2. Consumo Mundial de Energía por Fuente.

*Producción Mundial de Energía por Fuente*

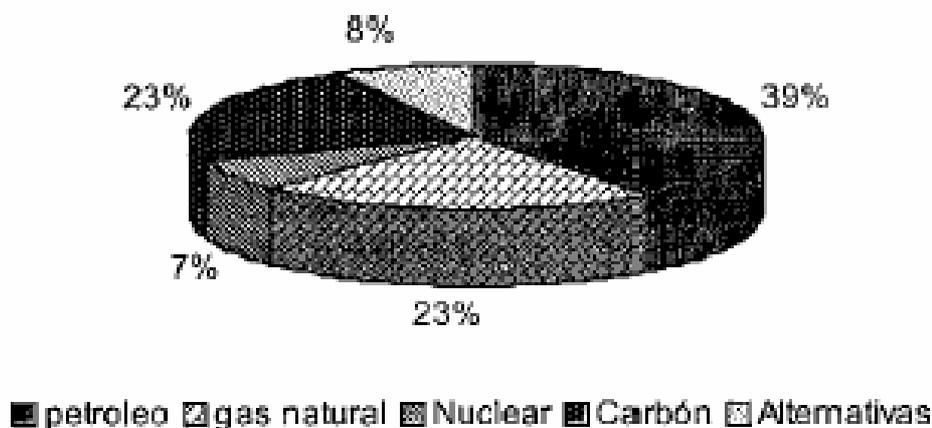


Fig.1.3. Producción Mundial de Energía por Fuente. (5)

## 1.2- ENERGÍAS RENOVABLES.

Bajo la denominación de energías renovables, alternativas o blandas, se engloban una serie de fuentes energéticas que a veces no son nuevas, como la leña o las centrales hidroeléctricas, ni renovables en sentido estricto (geotermia), y que no siempre se utilizan de forma blanda o descentralizada, y su impacto ambiental puede llegar a ser importante, como los embalses para usos hidroeléctricos o los monocultivos de biocombustibles.

Con la excepción de la geotermia, la totalidad de las energías renovables derivan directa o indirectamente de la energía solar. Directamente en el caso de la luz y el calor producidos por la radiación solar, e indirectamente en el caso de las energías eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, entre otras

El mundo está sufriendo una crisis energética total debido al incremento de los precios de los combustibles fósiles, lo cual ha incentivado el uso de las fuentes renovables de energía como alternativa energética.

Las Energías Renovables constituyen una alternativa viable para solucionar muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, la contaminación atmosférica, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas, etc. Dentro de las mismas, cabe mencionar las siguientes:

- La energía solar que se puede aprovechar de manera térmica para calentar agua o mediante el uso de paneles fotovoltaicos que convierten la energía luminosa en energía eléctrica.
- La energía eólica proporcionada por las corrientes de aire que resultan de la diferencia de temperatura entre masas de aire.
- La energía hidráulica, proporcionada por saltos de agua.
- La energía de la biomasa debida a la actividad fotosintetizante de las plantas. De hecho, nosotros, seres vivos, aprovechamos directamente la energía de las plantas para obtener la energía que necesitamos para vivir.
- La valoración energética del tratamiento de los residuos.

### **1.3 - ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

La radiación solar es la energía electromagnética que mana en los procesos de fusión del hidrógeno (en átomos de helio) contenido en el sol.

La energía solar que en un año llega a la tierra a través de la atmósfera es de tan sólo aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la tierra fuera de la atmósfera y, de ella, el 70% cae en los mares. Sin embargo, la energía que queda, de  $1.5 \cdot 10^{17}$  kWh, que en un año cae sobre la tierra firme, es igual a varios miles de veces el consumo total energético mundial actual. (2)

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser directa o dispersa. Mientras la radiación directa incide sobre cualquier superficie con un único y preciso ángulo de incidencia, la dispersa cae en esa superficie con varios ángulos.

Una superficie inclinada puede recibir, además, la radiación reflejada por el terreno o por espejos de agua o por otras superficies horizontales, fenómeno conocido como albedo.

Las proporciones de radiación directa, dispersa y albedo recibida por una superficie dependen:

- De las condiciones meteorológicas (de hecho, en un día nublado la radiación es prácticamente dispersa en su totalidad; en un día despejado con clima seco predomina, en cambio, la componente directa, que puede llegar hasta el 90% de la radiación total.
  
- De la inclinación de la superficie respecto al plano horizontal (una superficie horizontal recibe la máxima radiación dispersa -si no hay alrededor objetos a una altura superior a la de la superficie- y la mínima reflejada);
  - De la presencia de superficies reflectantes (debido a que las superficies claras son las más reflectantes, la radiación reflejada aumenta en invierno por efecto de la nieve y disminuye en verano por efecto de la absorción de la hierba o del terreno). (2)

### **1.3.1 - EL EFECTO FOTOVOLTAICO**

La conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se debe al fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, fenómeno conocido como efecto fotovoltaico.

#### **Tecnología Fotovoltaica La célula fotovoltaica**

La conversión de la radiación solar en una corriente eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica.

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semi-conductor, frecuentemente de silicio.

Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 cm<sup>2</sup> (2).

Otros materiales para la realización de las células solares son:

- Silicio Mono-cristalino: de rendimiento energético hasta 15 - 17 %;

- Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético hasta 12 - 14 %;
- Silicio Amorfo: con rendimiento energético menor del 10 %;
- Otros materiales: Arseniuro de galio, di seleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio

Actualmente, el material más utilizado es el silicio mono-cristalino que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

### **1.3.2 - GENERADOR FOTOVOLTAICO**

Está formado por el conjunto de módulos fotovoltaicos, adecuadamente conectados en serie y en paralelo, con la combinación adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación. El elemento base es el módulo fotovoltaico.

Para cada aplicación, el generador tendrá que ser dimensionado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- carga eléctrica,
- potencia de pico,
- posibilidad de conexión a la red eléctrica,
- latitud del lugar y radiación solar media anual del mismo,
- características arquitectónicas específicas del edificio,
- características eléctricas específicas de la carga.

## **Sistemas fotovoltaicos**

Se define como sistema fotovoltaico el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica.

### **1.4-ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.**

#### **Conversión térmica**

La transformación de la radiación solar en energía térmica, ya sea en forma de agua caliente, aire caliente, vapor de agua, etc., se hace por intermedio de los llamados colectores solares que pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- a. colector solar plano
- b. colector solar al vacío
- c. colector solar concentrador parabólico
- d. helióstatos
- e. piletas solares

#### **1.4.1- CALENTADORES SOLARES DE AGUA**

El calentador solar de agua constituye uno de los equipos más eficientes en el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. En la actualidad se fabrican equipos con más de 60 % de eficiencia. Tradicionalmente se han utilizado en Cuba calentadores solares para calentar agua, pero la mayoría de ellos ha sido importada y con diseños especiales para países templados y no para el clima tropical. Un calentador diseñado específicamente para trabajar en el trópico puede ser mucho más sencillo, económico y de alta eficiencia.

Cuando la radiación solar es absorbida por un cuerpo se transforma en calor, o sea, éste se calienta. Un cuerpo caliente se enfría cuando le transfiere calor a otro cuerpo por contacto (por conducción), o por un fluido (aire, agua, etc.) en movimiento que lo rodea (por convección), y por la emisión al exterior (por irradiación). El calor que irradia un cuerpo caliente (a temperaturas moderadas) lo

realiza también en forma de ondas electromagnéticas, pero de longitudes de ondas muy grandes llamadas infrarrojas lejanas.

Para que un cuerpo se mantenga caliente debe aislarse térmicamente, o sea, disminuir con un aislante las zonas de pérdidas de calor. Existen numerosos materiales aislantes: el concreto (los bloques), la arcilla (los ladrillos), el asbesto, el corcho, la madera, el aserrín de madera (llamado popularmente aserrín), la poli espuma (poli estireno), el poliuretano y otros. También existen materiales muy buenos conductores del calor como el cobre, el aluminio, el acero y la mayoría de los metales.

Sin embargo, en los países tropicales se pueden usar calentadores solares cuyo tanque acumulador reciba directamente la radiación solar. Estos tipos de calentadores, llamados compactos, son muy sencillos, eficientes y de bajo costo.

Un calentador solar compacto está formado, en esencia, por un recipiente cerrado pintado de negro, con una entrada y una salida de agua, y convenientemente aislado por el fondo y los lados con cualquier material aislante, y cubierto por arriba (por donde recibe la radiación solar) con un vidrio u otro material transparente. La tubería de salida debe situarse en el lugar más alto del recipiente captador, para evitar acumulación de aire dentro del mismo.

Un calentador solar debe trabajar siempre lleno de agua, por eso debe situarse por debajo del tanque de agua fría, de forma tal que si se vaciara este tanque, no saliera tampoco agua del calentador. Así se protege el equipo y se aumenta su durabilidad

#### **1.4.2 - CALENTADORES SOLARES DE AIRE.**

Existen muchos tipos de calentadores solares de aire y, aunque diferentes, todos se basan en el mismo principio: el aire es calentado al ponerse en contacto con una superficie (generalmente metálica) captadora de la radiación solar, la cual está convenientemente aislada y cubierta con una o dos láminas de vidrio. La entrada y salida del aire del calentador puede ser por circulación natural o forzada. Los calentadores de aire son instalaciones relativamente baratas, comparadas con otros colectores solares, por su sencillez y pocos requerimientos técnicos. Para

su construcción, además de metales y vidrios, suelen usarse plásticos y otros materiales.

### **1.4.3 - SECADORES SOLARES**

Un secador solar es un equipo o instalación que utiliza la radiación solar como fuente de energía para disminuir la humedad del producto o material a secar.

#### **Clasificación de los secadores solares**

En dependencia de cómo se trasmite la energía al producto, los secadores solares pueden clasificarse en:

- De radiación solar directa.
- De radiación infrarroja.
- De conducción de calor.
- De convección de calor.

Esta clasificación es convencional y en la mayoría de los secadores la transferencia de calor se realiza por conducción, convección y radiación combinadas. No obstante, según el diseño, una forma de transferencia de calor al producto resulta preponderante y de ahí la validez de dicha clasificación. Se entiende por secador de radiación solar directa al tipo de instalación donde el producto recibe la radiación solar directamente en su superficie, la cual es captada y transformada en calor.

### **1.4.4 - . SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN.**

Las primeras aplicaciones industriales de los principios termodinámicos de la absorción de un vapor por un líquido, con el fin de conseguir la refrigeración de otro líquido, datan de los primeros años 30. La comercialización a mayor escala de plantas frigoríficas de absorción con ciclo Amoniaco-Agua comienzan en los 40 y la puesta en el mercado de las primeras plantas con ciclo agua-Bromuro de Litio tiene lugar a principio de los 50. Los ciclos de absorción se basan físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, tales como el agua y algunas sales como el Bromuro de Litio, para absorber, en fase líquida, vapores de otras sustancias tales como el Amoniaco y el agua, respectivamente.

Los ciclos de absorción funcionan con un par de refrigerantes químicos. Son sistemas de dos componentes, donde una de las sustancias es disuelta en la otra y el enfriamiento se produce secando una de las dos sustancias de la solución por medio de la aplicación de calor y luego reabsorbiéndola hacia la solución.

Los dos pares de refrigerantes más usados son el amoníaco-agua y la combinación de agua y bromuro de litio. Los equipos que utilizan el ciclo de absorción han tenido un uso generalizado por varias décadas en la preservación de alimentos, procesos industriales y almacenamiento frío. Pueden operar a temperaturas más bajas que el punto de congelación del agua, sobre todo los de amoníaco-agua y sobre el punto de congelación del agua los de agua-bromuro de litio.

A pesar de que el amoníaco no es un elemento que afecta la capa de ozono, sí es cierto que tiene consecuencias directas sobre la salud del ser humano, y que pérdidas de este compuesto en el sistema pueden afectar al hombre mediante el contacto directo con él, o por la contaminación de los alimentos presentes en la cámara frigorífica. También se menciona la contaminación por ruido que pueden producir los elementos móviles de dicha instalación, lo cual ocurre durante un funcionamiento inadecuado de esos elementos. Es por ello que esta tecnología requiere de un control estricto en su explotación, y una alta calificación del personal técnico encargado de su correcto funcionamiento.

El ciclo de refrigeración por absorción es similar al ciclo de vapor-compresión en el cual se emplea un refrigerante volátil, por lo común amoníaco ó agua, en el que alternativamente se vaporiza bajo la presión baja en el evaporador absorbiendo calor latente del material que está siendo enfriado y se condensa a la presión alta que se tiene en el condensador entregando el calor latente al medio condensante. La principal diferencia entre los ciclos de absorción y de vapor-compresión es la fuerza motivada que hace circular al refrigerante a través del sistema y que proporciona el diferencial de presión necesario entre los procesos vaporizante y condensante.

En el ciclo de absorción el compresor de vapor empleado en el ciclo de compresión del vapor es reemplazado por un absorbedor y un generador, el cual

realiza todas las funciones que efectúa el compresor en el ciclo de compresión del vapor. Además, mientras que la energía de entrada requerida en el ciclo de vapor-compresión es suministrada por el trabajo mecánico del compresor, la energía de entrada en el ciclo de absorción es en forma de calor suministrada directamente al generador. Por lo general la fuente de calor suministrada al generador es vapor de baja presión o agua caliente.

El sistema de refrigeración por absorción (Figura 1. ---) consiste de cuatro componentes básicos: un evaporador y un absorbedor, los cuales están situados en el lado de baja presión del sistema y de un generador y un condensador, los cuales están situados en el lado de alta presión del sistema. Se emplean dos fluidos: un refrigerante y un absorbente.

Los elementos que caracterizan el sistema de absorción son fundamentalmente dos: el absorbedor y el generador.

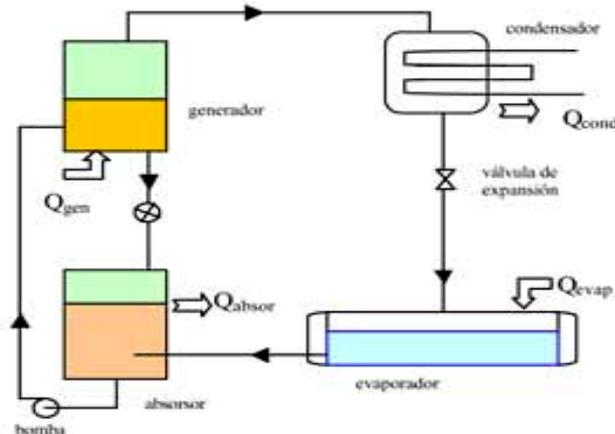


Figura 1.4- Esquema del Sistema de Absorción.

### **Funcionamiento de la máquina de absorción.**

El refrigerante, agua o amoníaco, se evapora en el evaporador tomando el calor de cambio de estado del fluido que circula por el interior del haz tubular de este intercambiador. Los vapores producidos se absorben por el absorbente, agua o solución de bromuro de litio, en un proceso de disolución endotérmico que requiere de refrigeración externa para que la solución se mantenga en condiciones de temperatura correctas y no aumente la presión en la cámara en la que se

produce la absorción y que se denomina Absorbedor. En este circuito de refrigeración externa se utilizan normalmente torres de refrigeración de agua de tipo abierto o cerrado.

El agua enfriada en la torre se hace circular a través del interior del haz tubular de otro intercambiador que se encuentra situado en el interior de la cámara del absorbedor y sobre el que se rocía el absorbente para facilitar el proceso de la absorción. La masa de absorbente conteniendo el refrigerante absorbido se transporta, mediante bombeo, hasta otro intercambiador de calor cuya función es separar el refrigerante del absorbente, por destilación del primero.

Este intercambiador de calor se denomina Generador y es de tipo inundado. Por su haz tubular se hace circular el fluido caliente, normalmente agua o vapor de agua, que constituye la fuente principal de energía para el funcionamiento del ciclo de absorción, y que procede como efluente de cualquier tipo de proceso en el que se genere calor residual. En el Generador se produce la ebullición del refrigerante, que se separa del absorbente y que como consecuencia aumenta su concentración, en el caso de solución salina, o su pureza cuando se trata de agua, para que pueda ser utilizado de nuevo en el proceso de absorción. El flujo de absorbente vuelve al absorbedor mientras que el flujo de vapores del refrigerante destilado en el Generador pasa, por simple diferencia de presión, a otro intercambiador de calor por el interior de cuyo haz tubular circula agua procedente también de la torre de refrigeración, y que se denomina condensador porque alrededor de su haz tubular se produce la condensación de los vapores del agente frigorífico para volver al estado líquido. El líquido obtenido en el condensador se canaliza hacia la cámara de evaporador, por gravedad y por diferencia de presión, ya que esta se encuentra a una presión inferior a la de la cámara del condensador. Cuando el líquido llega a la cámara del evaporador se evapora parcialmente, llevando la temperatura de la masa del líquido a la temperatura de saturación que corresponde a la presión en la que la cámara del evaporador se encuentra. De esta forma, el líquido frío está en condiciones de tomar calor del fluido que circula por el interior del haz tubular del evaporador, hasta evaporarse, cerrando así su ciclo.

## 1.5 - ENERGÍA EÓLICA.



Las turbinas eólicas se han utilizado desde hace muchos siglos para el bombeo de agua, la trituración de granos, cortar madera, etc. Durante las cruzadas (1096-1191), la existencia de los molinos de viento se conoció en Europa, más tarde comenzó la expansión y los primeros se reportan en Holanda (1240), Alemania (1222), Grecia (1239), Dinamarca (1259), Finlandia (1463) y Rusia (1622). En América aparecen en Brasil (1576), Estados Unidos (1621) y Barbados (1651). En África, al final del siglo XVII, en Sudáfrica. El desarrollo de los molinos de viento cambió de Europa a Estados Unidos durante el siglo XIX, motivado por el movimiento de los colonos hacia las grandes llanuras durante los años cincuenta, cuando el mayor problema era el aprovisionamiento de agua para las dotaciones de ganado. Con el desarrollo del ferrocarril, la necesidad de agua para alimentar las locomotoras impulsó aún más el progreso de esta tecnología. Los primeros molinos de viento fueron hechos de madera y el uso del hierro y el acero comenzó en el 1870, pero se necesitaron dos décadas para que fuera producido un gran número de molinos de acero. La tecnología del molino americano se difundió en el mundo durante la última década del siglo XIX y se producían, bajo licencia o con diseños similares, en Australia, Argentina, África del Sur, Inglaterra, Francia, Italia, Alemania y Suecia. (1).

Esta situación favorable se mantuvo hasta la década de los años veinte. En la década posterior, la gran depresión económica, los motores de combustión interna y la electrificación después de 1945 afectaron fuertemente a la industria de los molinos de viento. Durante los años cincuenta y sesenta sólo unos pocos fabricantes permanecían activos.

### 1.5.1 - MOLINOS DE VIENTO.



Este tipo de máquina aprovecha la potencia del viento con un rotor compuesto por un rango de doce a veinticuatro palas o más, que mueve una bomba de pistón mediante una barra vertical. El acoplamiento entre el rotor y la barra se realiza por un mecanismo de biela y manivela con reducción por medio de engranes. La utilización de la caja reductora hace más versátil la máquina y la adecua para trabajar con agua a grandes profundidades. Por otro lado, la baja velocidad de trabajo hace la máquina más fiable debido al menor desgaste por fricción de los elementos de la bomba y disminuyen las roturas por fatigas. Los engranajes giran en un baño de aceite lubricante que debe ser comprobado periódicamente. En conclusión, estas máquinas requieren un mantenimiento mínimo. El diámetro del rotor de estos molinos oscila entre 2 y 5 m, pudiendo llegar excepcionalmente hasta 10 m. Estas máquinas pueden ser instaladas en sitios con bajas velocidades del viento, entre 2 y 5 m/s. A pesar de las bondades de estos molinos, poseen una serie de problemas, como son: La construcción es muy pesada debido a las necesidades del alto par de arranque (torque) requerido por la bomba, y en otros casos por el uso de una tecnología de fabricación obsoleta, lo que influye en los altos costes, tanto de la propia máquina como en el transporte e instalación.

El molino de viento debe ser ubicado sobre el pozo o cercano a él; es decir, no tiene flexibilidad para instalar separadamente el rotor y la bomba. Esto ocasiona serios problemas en el caso de terrenos que no son llanos. Tiene poca resistencia al polvo y la arena que penetran en el mecanismo de transmisión. Y el agua salobre puede reducir considerablemente la vida útil de los sellos de la bomba (de 6 a 12 meses).

La tecnología no es fácil de reproducir en países con bajo desarrollo industrial.

La eficiencia general es muy baja, principalmente debido al pobre diseño del rotor, al incorrecto acoplamiento entre el par entregado por el rotor y necesitado por la bomba, y el comportamiento del par de la bomba de simple efecto, caracterizado

por una alta razón entre el par máximo y el par promedio (pulsación del par). La eficiencia global promedio, definida como la razón entre la energía hidráulica neta producida y la energía disponible en el viento, se encuentra normalmente entre 2 y 5 %. (1).

### **1.5.2 - AEROBOMBAS DE SEGUNDA GENERACIÓN.**

En un intento por superar las limitaciones que aún persisten en el molino tradicional para su aplicación extensiva en los países en desarrollo, ha surgido otro grupo de aerobombas con diferentes características, a las que se les ha denominado aerobombas de segunda generación. La mayor parte de estas máquinas fue desarrollada después del año 1975 por varios fabricantes y organizaciones, como IT Power en Inglaterra, Gaviotas en Colombia, CWD en Holanda, Vita en Estados Unidos, CAAMS en China, entre otros. Estas modernas aerobombas de bajo peso trabajan también con bombas de pistón y se caracterizan por el uso de materiales estándar, disponibles en el mercado (rodamientos, tuberías, angulares, etc.), la ausencia de elementos de fundición y de cajas reductoras. Otro parámetro fundamental para disminuir el peso y el coste es la reducción del par de arranque de la bomba, lo que permite la utilización de pocos alabes (de 3 a 8 alabes para bajas cargas), por medio de un pequeño orificio en el pistón; de esta forma el par de arranque es casi nulo y la velocidad del rotor aumenta. El efecto de fuga de líquido por el orificio es despreciable. La eliminación de la caja reductora hace que la bomba trabaje con mayor velocidad, lo que aumenta las cargas sobre la bomba y disminuye la vida útil si la máquina no ha sido diseñada adecuadamente. La vida útil estimada de estas máquinas es de sólo diez años, lo que contrasta apreciablemente con el molino tradicional, que en muchos casos alcanza más de cincuenta años. (1)

#### **Aerobombas de Manufactura Informal.**

Este tipo de aerobomba se caracteriza por su simplicidad, y por su fabricación y explotación con materiales disponibles localmente. Los diseños pueden ser originales o modelos simplificados según los existentes, para adaptarlos a las disponibilidades locales.

#### **Aerobombas no Convencionales.**

Bajo esta denominación se agrupan las aerobombas cuyo diseño y formas exteriores difieren de los tipos antes mencionados. Sus inventores, buscando máquinas más eficientes y simples a la vez, utilizan tecnologías de última generación, resultantes de investigaciones científicas en el campo de la aerodinámica, los nuevos materiales, la hidráulica, la mecánica, etc., que aportan como resultado máquinas atípicas.

### **Sistema Avanzado de Bombeo Eólico - Eléctrico.**

En los países desarrollados hay un gran número de productores de aerogeneradores que recomiendan el uso de sus equipos acoplados a electro bombas para el trasiego de líquidos, los denominados sistemas avanzados de bombeo eólico-eléctrico. Estos se componen de un aerogenerador que produce potencia eléctrica y alimenta al motor eléctrico, el cual mueve una bomba con baterías o sin ellas, y otros equipos de conversión de potencia.

### **Las principales ventajas con respecto a los sistemas mencionados anteriormente son:**

- Mayor flexibilidad en cuanto a la ubicación; o sea, se puede ubicar el aerogenerador en el lugar de más fuerte viento, aún cuando éste no coincida con el lugar del pozo.
- Mayor eficiencia de bombeo (de 10 a 12 %). Incremento del volumen de agua bombeada y mayores cargas (de 10 a 40 m), debido a la posibilidad de usar rotores de mayor diámetro.
- Mayor versatilidad en su uso (bombeo, iluminación).
- Menor requerimiento de mantenimiento.
- Mayor fiabilidad.

### **Las desventajas principales son:**

- Mayor coste de la inversión inicial.
- Para la instalación y el mantenimiento se necesita personal especializado.
- Necesita mayores velocidades del viento para operar ( $v > 4$  m/s).

La clasificación expuesta intenta sistematizar la amplia gama de molinos de viento que se producen en la actualidad. Y se puede concluir que los sistemas avanzados de bombeo eólico-eléctrico son más adecuados para regímenes de viento entre medios y altos, y uso de gran potencia; mientras que los sistemas mecánicos resultan más convenientes para regímenes de viento entre bajos y medio, y aplicaciones de baja potencia. (1)

#### **Determinación del Número de Molinos de Viento.**

Si conocemos las estadísticas del viento, las capacidades de bombeo de los molinos, las profundidades del manto freático y los volúmenes de agua que se deben satisfacer, se puede determinar el tipo de molino que debemos emplear para cada sitio o región con características diferentes.

El mejor aprovechamiento de la potencia obtenida se logra al evitar pérdidas innecesarias de agua y con una interrelación eficiente entre los diferentes componentes del sistema: la fuente de agua, la velocidad y la estabilidad de los vientos, el molino, el cilindro o bomba, las tuberías de succión y conducción, y el almacenamiento del agua.

Para determinar el número de molinos de viento que deben instalarse para satisfacer una demanda, se divide la necesidad de bombeo horaria requerida por la capacidad de bombeo horaria del molino específico.

#### **1.5.3 - PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍA EÓLICA.**

En el inicio del tercer milenio la energía eólica presenta sus credenciales como alternativa competitiva en la generación de energía eléctrica.

#### **Breve Historia de los Aeromotores.**

Ya en el siglo V a.C. aparecen las primeras máquinas eólicas en Asia, que eran de eje vertical. En algunas islas griegas aún se pueden contemplar y se les conoce como panémonas. Por la misma época se usaban molinos de eje horizontal en Egipto y aunque eran distintos desde el punto de vista tecnológico, tenían el mismo principio: transformar la energía eólica en energía para el bombeo de agua,

moler los granos, etcétera. Durante la primera mitad del siglo XX se realizaron numerosos aportes al desarrollo de la tecnología eólica, impulsados esencialmente por los conocimientos adquiridos en el campo de la aerodinámica, pero su principal aplicación durante estos años, y hasta principios de los años setenta, se limitó a los sistemas multipalas de bombeo mecánico de agua, debido en gran parte a la dificultad propia del recurso eólico, como lo es la variabilidad del viento, lo poco predecible y su baja densidad energética. En cuanto a la tecnología, las limitaciones estaban en la dificultad para la optimización de las máquinas eólicas. Por otro lado, el bajo costo relativo de las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas hacía no competitiva la utilización de las plantas eólicas. Los combustibles fósiles, y en particular el petróleo, se imponían cada vez más como la principal e insustituible fuente de energías solamente en determinados períodos de crisis energética, el desarrollo de los recursos renovables, y en particular la energía eólica, alcanzó cierto impulso.

Analizando las máquinas instaladas recientemente se concluye que la tecnología más usada en las plantas eólicas actuales son aerogeneradores de 40-60 m de diámetro de rotor, que equivale a una potencia unitaria de 500 a 1500 kW y más.  
(1)

El aerogenerador tipo más instalado es uno tripala con viento de frente (barlovento), con torre tubular, regulación por pérdida y/o cambio de paso y sistema de orientación activa. Se denomina sistema de orientación al que ubica el rotor de frente al viento. Cuando se usa la veleta como sistema de orientación, se le denomina sistema pasivo.

CARACTERÍSTICAS	Año 1982	Año 2005
Diámetro del rotor (m)	15	52
Área barrida (m <sup>2</sup> )	177	2124
Altura de la torre (m)	20	50
Potencia nominal (kW)	55	850
Producción anual (kWh)	110000	2550000
Peso total (T)	12	80
Costo estimado (\$)	66600	850000
Producción/área barrida(kWh/m <sup>2</sup> )	621	1200
Peso palas/área barrida(Kg./m <sup>2</sup> )	1.6	0.85
Peso góndola/área barrida(Kg./m <sup>2</sup> )	31	17
Peso total/área barrida(Kg./m <sup>2</sup> )	67	37.6
Costo potencia instalada(\$/kW)	1212	1000

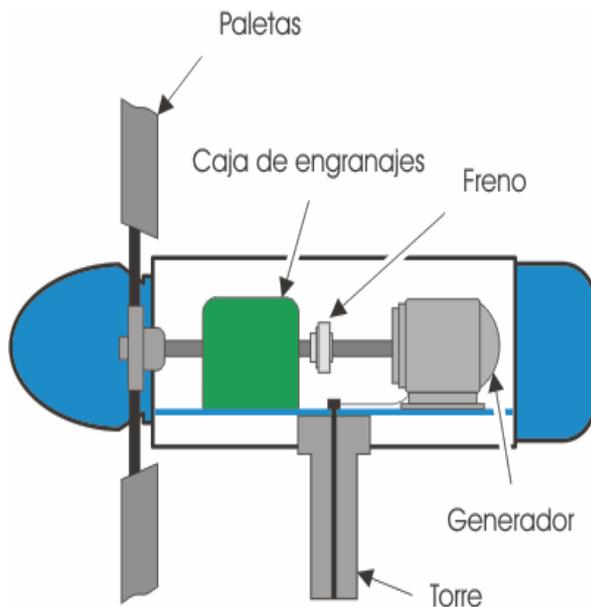
Tabla 1.1.Evolución de los aerogeneradores (1982-2005). (1)

Del estudio de esta tabla se llega a las conclusiones siguientes:

- Incremento del tamaño unitario de los aerogeneradores, pasando de aerogeneradores de 55 kW de potencia nominal y 15 m de diámetro, a los actuales Aerogeneradores de 850-1 500 kW y más, y 40-60 m de diámetro.
- La producción se ha duplicado, de una producción específica de 600 kWh/año/m<sup>2</sup> de área de rotor se pasa a valores por encima de 1 200 kWh/año/m<sup>2</sup>.  
 Importante disminución en el peso específico de los aerogeneradores, pasando de 68 Kg. /m<sup>2</sup> a los valores actuales de 38 Kg. /m<sup>2</sup>.
- El peso de las palas ha disminuido casi 50 %: de 1,6 a 0,85 Kg. /m<sup>2</sup>. Estas mejoras han sido posibles debido a los nuevos diseños optimizados, junto con la

utilización de materiales avanzados en su fabricación, esencialmente los denominados materiales compuestos. (1)

### Producción de electricidad con pequeños aerogeneradores.



En la nueva estrategia energética cubana también se prevé la generación de electricidad con pequeños sistemas eólicos aislados. El corazón de un pequeño sistema eólico aislado para la producción de electricidad es la turbina eólica, que se encuentra en la parte superior del sistema y se apropia de la energía del viento a través del rotor. Estos sistemas están provistos, además, de un sistema de control y un banco de baterías para acumular la energía.

Cuando se habla de energía eólica y nos referimos a su magnitud hay que mencionar el diámetro del rotor. Actualmente, el rango de las turbinas eólicas se extiende desde las minúsculas, de 500 mm de diámetro (20 W), hasta las gigantescas máquinas cuyos diámetros alcanzan casi 100 m, capaces de entregar 3 MW, es decir, tres millones de Watt.

### Sistemas Híbridos.

Con el auge de las fuentes renovables de energía, desde hace ya treinta años, los defensores de los sistemas eólicos y solares enfocaron el problema a su modo de ver y conveniencia. En aquellos tiempos, cuando se solicitaba un sistema eólico para un sitio aislado de la red, el proveedor le suministraba las turbinas eólicas necesarias con sus baterías, según la demanda y los días sin viento estimados en el sitio. Si se hacía la solicitud a un proveedor de sistemas fotovoltaicos, éste le hubiera hecho lo mismo, le habría suministrado tantos paneles fotovoltaicos como

hubiera sido necesario. Hoy no es así, porque todos los proveedores de estos sistemas están conscientes de que el uso de los sistemas híbridos es lo más adecuado, es decir, están de acuerdo en el uso de las energías fotovoltaica y eólica, simultáneamente. En muchos sitios los recursos solares y eólicos se complementan. Los fuertes vientos del invierno se compensan con los largos y soleados días del verano.

### **Diferencias entre Aerogeneradores.**

Existen evidentes diferencias entre los pequeños aerogeneradores instalados como sistemas aislados, y los de mediano y gran tamaño conectados a la red. Ambos presentan problemáticas muy diferentes. • En el caso de las instalaciones conectadas a la red, la instalación entrega energía de acuerdo con la velocidad del viento. En el caso de las instalaciones aisladas, éstas tienen que cubrir las necesidades de la demanda, por lo que son necesarios sistemas de acumulación y regulación de la cantidad de energía generada. • En los sistemas aislados, el emplazamiento y el consumo normalmente viene dado por la localización. El aerogenerador pequeño se ubica en el lugar donde existe la demanda o muy cercano a ella, para evitar pérdidas por transmisión de electricidad. En el caso de los sistemas conectados a la red, se selecciona el emplazamiento y no hay limitación de la energía generada. • Desde el punto de vista técnico, en los aerogeneradores conectados a la red, es la propia red, a través de la frecuencia constante (60 Hz), la que mantiene la velocidad de rotación constante; pero en cambio, en los sistemas aislados hay que controlar mediante subsistemas específicamente diseñados al efecto.(1)

• Para instalar aerogeneradores pequeños no se necesitan estudios de viento, pero estos resultan imprescindibles en el caso de los aerogeneradores conectados a la red. Exploraciones in situ, análisis de evidencias ecológicas y extrapolaciones desde estaciones meteorológicas cercanas, son suficientes para la instalación de pequeñas máquinas. Los estudios que se necesitan para la instalación de parques eólicos son mucho más costosos que los que se realizan para los pequeños sistemas.

### **Experiencia Cubana.**

Se conoce que después del auge alcanzado por los aerogeneradores tipo indchargers, fundamentalmente en los Estados Unidos, algunos equipos fueron Instalados en Cuba en fincas y residencias. No obstante, no han quedado huellas de esas instalaciones.

A partir de los años noventa, algunas instituciones, como el Centro de Investigación de Energía Solar (CIES) y el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), incursionaron en el diseño y construcción de sistemas eólicos, aunque sin llegar a un grado de madurez tecnológico aceptable para acceder a su producción industrial. También la Comisión Nacional de Energía en esos años importó más de diez pequeños aerogeneradores chinos, que fueron distribuidos por diferentes organismos, pero dejaron de operar por diversas razones. A esto se añade la producción informal de estas máquinas por parte de algunas entidades y personas interesadas en el tema.

A partir de 1996 la empresa Eco-Sol Solar, División de Copextel S.A., comienza un programa más coherente de instalación de sistemas eólicos e híbridos, que en la actualidad ya cuenta con una potencia instalada de 28,9 kW, en dieciséis instalaciones, con veintitrés aerogeneradores de diferentes marcas y procedencias.

#### **1.5.4 - ESTADÍSTICA DE LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA.**

En el mundo en los últimos años se ha incrementado el uso de los aerogeneradores y se puede apreciar un cambio tanto en la potencia generada como en la altura de los equipos, a continuación le mostramos en forma de gráficos los incrementos del uso y la instalación de los aerogeneradores, así como la evolución de los mismos.

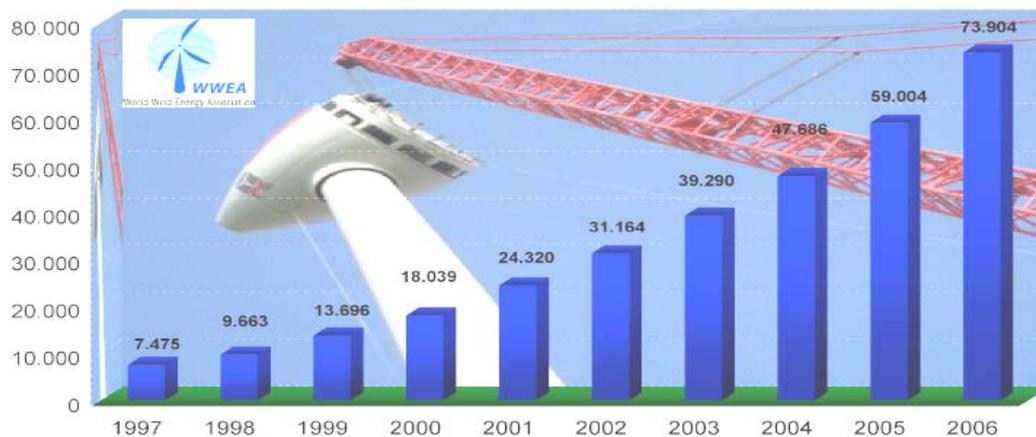


Fig.1.5. Energía Eólica Utilizada en el Mundo 1997-2006.



Fig.1.6. Incremento Anual de la Energía Eólica Instalada.

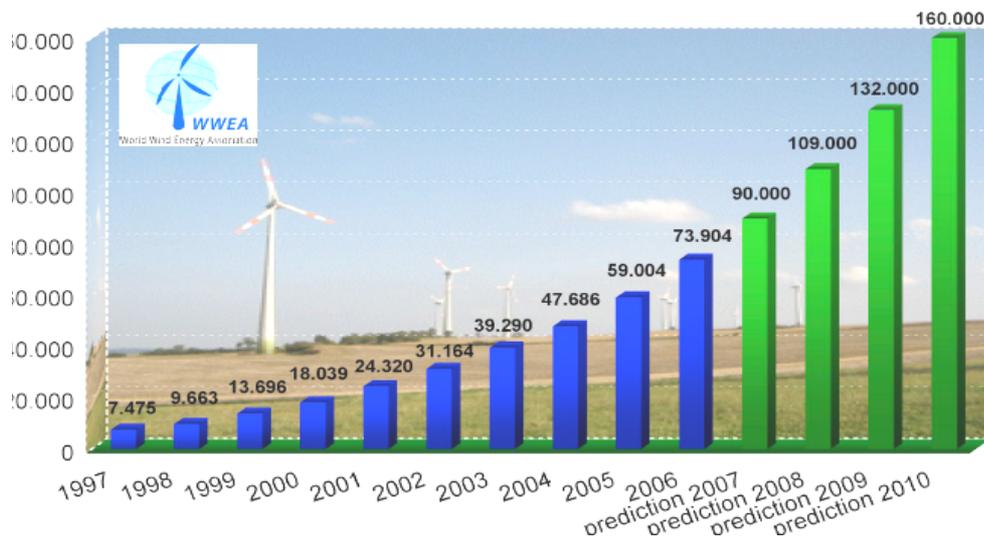


Fig.1.7. Total de la Capacidad Eólica Instalada en el Mundo y las Perspectivas hasta el 2010



Fig.1.8. Evolución de los Aerogeneradores hasta el año 2005.

## 1.6 – ENERGÍA DE LA BIOMASA.

El término biomasa, en sentido amplio, se refiere a cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico.

El conocimiento de la composición y propiedades de los recursos biomásicos es de fundamental importancia para evaluar su potencialidad como materia prima en los procesos de conversión térmica.

Los tipos de biomasa mas utilizados son:

- Los residuos sólidos, en específico, la paja de caña y el bagazo .
- El Biogás obtenido a partir de la descomposición de materia orgánica (proceso de fermentación anaeróbica).
- Los Biocombustibles (Bioetanol y Biodiesel).

### 1.6.1 – BIOGÁS.

#### ¿Qué es el Biogás?

El biogás es un gas compuesto por alrededor de 60 % de gas metano (CH<sub>4</sub>) y 40 % de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Contiene mínimas cantidades de otros gases, entre ellos 1 % de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). Es un poco más liviano que el aire y posee una temperatura de inflamación de 700 oC, y su llama alcanza una temperatura de 870 oC. Con un contenido de metano mucho menor de 50 %, el biogás deja de ser inflamable. Su poder calorífico promedio es de 5 000 kcal. Un metro cúbico de biogás permite generar entre 1,3-1,6 kWh, que equivalen a medio litro de petróleo, aproximadamente. Es importante aclarar que este gas puede usarse como combustible sólo cuando el metano se encuentra en concentraciones mayores o iguales a 50 %.

ELEMENTO	%
Metano (CH <sub>4</sub> )	50-70
Dióxido de carbono ( CO <sub>2</sub> )	30-50
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	0.5-3
Ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	0.1-1

Tabla 1.2. Composición química del biogás. (3)

### ¿Como Producirlo?

El biogás es producido por bacterias que se encargan de descomponer el residual orgánico, a lo que se le denomina proceso de fermentación anaeróbica, ya que se produce en ausencia de oxígeno. Materiales no orgánicos, como metales, celulosas, vidrio, etc., no son digeridos o modificados durante el proceso de fermentación, de ahí que resulten inapropiados para la obtención de biogás. Por lo general, se puede obtener biogás a partir de cualquier material orgánico.

Comúnmente se emplean las excretas de cualquier índole, la cachaza, los desechos de destilerías, los componentes orgánicos de los desechos sólidos municipales, los residuos orgánicos de mataderos, el lodo de las plantas de tratamiento de residuales, los desechos orgánicos de las industrias de producción de alimentos, los residuales agropecuarios, etcétera. Todos los materiales orgánicos que pueden ser empleados como «cieno de fermentación» están compuestos, en su mayor parte, por carbono (C) y nitrógeno (N). La relación entre ambos tiene gran influencia sobre la producción de biogás. Con el agua aumenta la fluidez del material de fermentación, lo cual es importante para lograr un proceso de fermentación más eficiente y, por tanto, una mayor producción de biogás. En un cieno de fermentación líquido las bacterias de metano llegan con mayor facilidad al material de fermentación fresco, lo que acelera el proceso.

### **¿Qué Beneficios Aporta?**

Una planta de biogás es una instalación estéticamente agradable que permite, con mínimos gastos de construcción y con una atención muy sencilla en su operación, lo siguiente:

- Tratar totalmente los desechos orgánicos o residuales contaminantes, por lo que se elimina su efecto perjudicial para la salud, los malos olores y la contaminación del entorno.
- Aprovechar el biogás producido para emplearlo en las necesidades energéticas en la cocción de alimentos, en el hogar o en comedores, y eliminar así el empleo de kerosén (luz brillante), petróleo, leña o cualquier combustible que comúnmente se utilice y que pueda resultar deficitario e incómodo.
- Aprovechar el biogás en el alumbrado de viviendas o en instalaciones o locales que requieran iluminación nocturna, lo que sustituye el empleo de energía eléctrica u otro tipo de fuente energética.
- Aprovechar el biogás producido como combustible en equipos que posean motores de combustión.
- Recuperación inmediata del mejoramiento de las condiciones del medio ambiente, con un evidente beneficio ecológico.
- Incrementar en más de 25 % el rendimiento de las cosechas o huertos, con el empleo del material o lodo que se extrae del bío-digestor (bío-abono), después del proceso de fermentación y producción de biogás.
- Aprovechar el material extraído del bío-digestor, o sea, el bío-abono, como componente nutritivo importante para la alimentación de aves de corral, peces, ganado, etcétera.
- Lograr independencia como consumidor energético y de fertilizantes químicos, con una integración total de los recursos aprovechables, dentro del ciclo productivo y social.

### **1.6.2 – EXPLOTACIÓN DEL DIGESTOR DE BIOGÁS..**

En muchas plantas de biogás, a pesar de estar bien construidas y de contar con la suficiente materia prima, no se obtienen los resultados esperados en la producción de gas, simplemente por no ser operada de manera correcta, lo que ocasiona en algunos casos su abandono total por parte del usuario. Si importante es el buen diseño y la adecuada construcción de la planta, un papel mucho más importante lo desempeña la correcta explotación, ya que existe una variedad de factores que influyen sobre la producción de biogás y ocasionan problemas, como los que tratamos a continuación.

#### **Problemas, Causas y Soluciones**

1. El digestor no tiene gas o el manómetro no indica presión. La llave principal está cerrada. Abra la válvula. Escape de gas. Verifique con una solución jabonosa los posibles salideros y elimínelos. Las bacterias no trabajan todavía correctamente. Calcule el tiempo en que llenó el digestor. No puede ser menos de treinta días. Si tiene mal olor, pare la alimentación. El pH es un parámetro que aporta información importante sobre el buen funcionamiento: debe estar entre 6,5 y 8,5. Si el pH es más bajo, alimente el digestor con una solución de lechada de cal, hasta restablecerlo. Si pasados 45 días el problema persiste, comuníquese con el especialista de CUBASOLAR.
2. Llama de gas oscilante. Las boquillas están sucias. Límpielas. La tubería está bloqueada por agua. Elimine el agua accionando la válvula ubicada en la trampa de agua.
3. Excesivo consumo de gas o poca existencia. La distancia entre la llama y la cazuela o recipiente es muy grande. Ajuste la distancia. Diámetro incorrecto de las boquillas. Adécuelo (si nunca antes había usado el fogón). Fugas de gas. Detectar, con una solución de jabón, las burbujas que indican escape de gas. Elimine los escapes. No ha alimentado la planta. Atiéndala adecuadamente.

4. Llama muy pequeña. La boquilla del quemador es muy pequeña. Debe abrir la boquilla entre 2 y 3 mm, para un fogón doméstico; y entre 5-7 mm, para fogón industrial. Diámetro de tubería extremadamente pequeño utilizado en determinado tramo de la conducción del gas. Esta planta está provista de una tubería de fondo para la extracción del lodo digerido. Es importante que esta extracción se efectúe dos veces a la semana y, preferentemente, en el horario de la mañana, antes de utilizar el gas almacenado, para garantizar de esta manera la mayor presión posible y facilitar la extracción del lodo. Esta operación deberá realizarse igualmente de manera instantánea: permitir la extracción del lodo digerido y evitar mucha pérdida de presión. (3)

***Se conoce que aproximadamente 3 000 millones de personas en el mundo emplean todavía leña como fuente de energía para calentar agua y cocinar, lo que provoca, junto a otros efectos, que anualmente se pierdan en el mundo entre 16 y 20 millones de hectáreas de bosques tropicales y zonas arboladas.***

La destrucción de las áreas boscosas es una de las causas de la manifestación de los diferentes procesos de degradación de los suelos, lo que trae consigo el detrimento de los rendimientos agrícolas con la consiguiente disminución en la producción de alimentos.

Entre los principales procesos de degradación de los suelos están la erosión, la compactación, la acidificación y la salinización.

Con el empleo de tecnologías que contribuyan a la disminución de la dependencia de los pobladores rurales de los bosques como única fuente para la obtención de combustible doméstico (carbón vegetal y leña), se mitigan los procesos erosivos del suelo vinculados a la deforestación por la tala de los árboles, acción que incrementa los efectos de la erosión hídrica (por efectos del agua) y eólica (por efectos del viento), al eliminar la cobertura vegetal que lo protege. A través de la regulación del uso de los bosques se contribuye a evitar la compactación de los suelos; al encontrarse éstos protegidos por la vegetación se disminuye también la acidificación o pérdida de elementos que forman el complejo catiónico (partículas

atómicas que forman parte del suelo y que poseen carga eléctrica) y se evitan los procesos de salinización.

Otro aspecto de gran importancia es la necesidad de realizar acciones encaminadas a la disminución progresiva de la carga contaminante que se vierte a las aguas dulces superficiales y subterráneas. Por este motivo es necesario emprender acciones encaminadas al uso ambientalmente seguro de todas aquellas sustancias que constituyen contaminantes para las aguas y que potencialmente pueden ser transformadas en otras inocuas para este medio y generar además algún uso socialmente útil en beneficio de las comunidades locales.

De lo anteriormente expuesto se deduce que es una responsabilidad ciudadana la realización de acciones encaminadas a transformar todas aquellas sustancias contaminantes en otras menos agresivas y compatibles con el Medio Ambiente.

Desde que el hombre aprendió a emplear el fuego, la cocción de alimentos ha llegado a ser una de las actividades fundamentales para su subsistencia. Para esto se han utilizado diferentes combustibles, entre ellos la leña y el carbón vegetal. En respuesta a esta situación surgen varias alternativas para llevar a cabo la cocción de alimentos, que tienen bajo impacto ambiental y su fuente de energía es considerada renovable, una de ellas resulta la producción de biogás a partir de la digestión anaerobia de la materia orgánica,

Según la literatura, fue en la India donde se construyó la primera instalación para producir biogás, en fecha cercana al año 1900; a partir de ese momento se ha incrementado el número de bio-digestores, y actualmente funcionan en ese país alrededor de 200 000 unidades. China es hoy la región que tiene un mayor número de este tipo de instalaciones, con aproximadamente 6,7 millones de bio-digestores.

La producción porcina moderna, de carácter intensivo y concentrado territorialmente, genera cantidades importantes de estiércoles y purines que no se pueden utilizar de forma directa como fertilizantes en las zonas donde se generan.

En Cuba dadas las características de su base productiva, la aplicación de tecnologías para la producción de biogás ha estado dirigida fundamentalmente a residuales de ingenios azucareros y fábricas de derivados de la caña de azúcar .

Residual.	Tipo de reactor.	Remoción de la carga orgánica (%)	Productividad (m <sup>3</sup> biogás/ m <sup>3</sup> reactor)
Efluentes de ingenios azucareros.	Campana flotante	50 – 60 (STV)	0,75 – 0,90
	UASB	85 – 90 (DQO)	0,80 – 0,90
Vinaza de destilería.	Filtro anaerobio	85 – 90 (DQO)	5,00 – 8,00
	UASB	85 – 90 (DQO)	5,00 – 8,00
Efluente de fábricas de levadura.	UASB	85 – 90 (DQO)	3,00 – 5,00
Efluentes de fábricas procesadoras de café	Campana flotante	50 – 55 (STV)	0,75 – 1,00
Porcino.	UASB	85 – 90 (DQO)	5,00 – 7,00
	Cúpula fija	55 – 85 (STV)	0,75 – 1,30
	Campana flotante	55 – 60 (STV)	0,75 – 1,00
	Filtro anaerobio	80 – 90 (DQO)	1,00 – 3,50
Bovino	Cúpula fija.	50 – 55 (STV)	0,50 – 0,75
	Campana flotante.	50 – 55 (STV)	0,50 – 0,75

Tabla 1.3. Resultados alcanzados en la eficiencia del proceso de producción de biogás. (3)

Leyenda:

UASB. (Uspflow anaerobic sludge blanket), o digester anaerobio con manto de lodo y flujo ascendente.

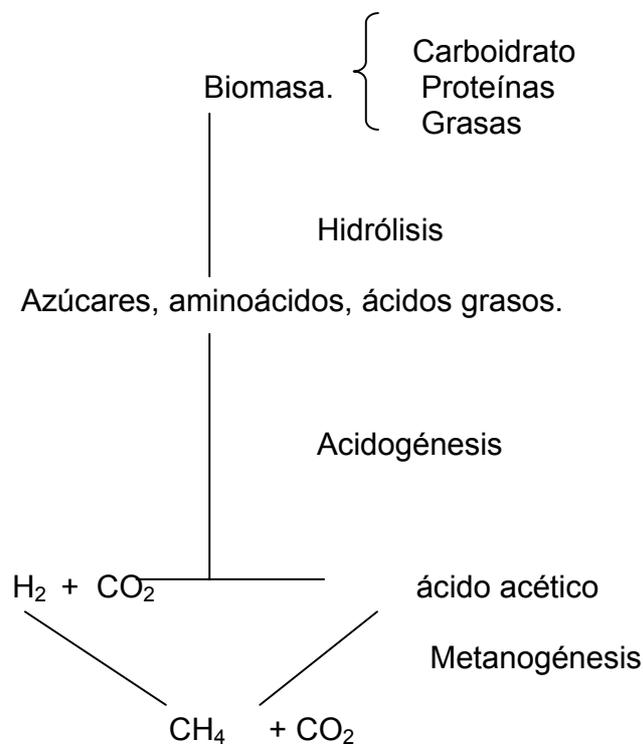
Campana flotante: Digester modelo hindú, donde el biogás se acumula en una campana flotante que sube o baja según la presión interior generada por el biogás.

Cúpula fija: Digestor modelo chino, donde el biogás se acumula en un domo o cúpula fija y la presión interior del biogás se regula en dependencia con el nivel de la laguna o tanque de compensación que se le adiciona al cuerpo central del digestor.

Filtro anaerobio: Digestor anaerobio que posee en su interior un sistema de soporte por adhesión o sedimentación que aumenta el contacto entre los microorganismos (bacterias y el residual a tratar).

### 1.6.3 - PRINCIPIOS TEÓRICOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS DIGESTORES DE BIOGÁS.

La mayoría de los autores que abordan la digestión anaerobia, (proceso bioquímico, mediante el cual se produce el biogás a partir de los residuales de origen orgánico), dividen el proceso en tres etapas: la hidrólisis, la formación de ácidos o ácido génesis y la producción de metano o metano génesis; y señalan que participan cuatro grupos de bacterias: las hidrolíticas, las ácido génicas, las acetogénicas y las metano génicas.



Existe un grupo de factores que influyen decisivamente en la digestión anaerobia (proceso de formación del biogás), los que son de especial interés y se señalan a continuación:

*Temperatura.*

La mayoría de los trabajos que tratan el aspecto de la digestión anaerobia plantean que es posible obtener metano entre 5 y 65 °C. Archer (1983), señala que los digestores anaeróbicos operan en dos rangos óptimos de temperatura; rango mesófilo (rango medio de temperatura) entre 35 y 40 °C y termófilo (rango alto de temperatura) entre 55 y 65 °C, y apunta que este factor tiene un efecto significativo en la cinética del proceso. También se reconoce un rango de temperaturas bajo, denominado rango criófilo (frío, entre 5 y 35 °C). Henze y Harremoës (1986), resumen que el proceso termófilo tiene velocidades de producción de metano de 25 a 50 % mayores que el proceso mesófilo y plantean que el principal problema de los procesos termófilos es que a esas temperaturas existen pocas especies bacterianas capaces de crecer. Lin y colaboradores (1985), realizaron un estudio del efecto de la temperatura en el proceso de metano-génesis basado en la carga orgánica aplicada, el tiempo de retención y la producción de metano; utilizaron un sustrato sintético de ácidos volátiles y establecieron como temperatura óptima para el proceso 35 °C. Observaron que la producción de metano depende de la temperatura y de la velocidad de carga aplicada.

Para el caso del residual de la cría en cautiverio de animales domésticos, el rango de temperatura del proceso es el mesófilo, ya que los bio-digestores funcionan a temperatura ambiente y situados a la intemperie.

La concentración de ácido carbónico está relacionada con el contenido de dióxido de carbono en el biodigestor. La concentración del anión bicarbonato es aproximadamente equivalente a la alcalinidad total para muchas aguas residuales que tengan baja concentración de ácidos volátiles, cuando la concentración de ácidos volátiles comienza a incrementarse, estos son neutralizados por la alcalinidad al bicarbonato y entonces la alcalinidad total está compuesta por ambas; alcalinidad al bicarbonato y alcalinidad a los ácidos volátiles.

Según la literatura consultada la concentración de ácidos volátiles en el proceso de digestión anaerobia se regula mediante el equilibrio dióxido bicarbonato. Para lograr que esta se mantenga dentro de los rangos permisibles en los bio-

digestores de pequeño formato se debe tener cuidado en no rebasar la capacidad de carga durante la alimentación diaria.

#### **1.6.4 - PRINCIPIOS PRÁCTICOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS DIGESTORES DE BIOGÁS DE CÚPULA FIJA (MODELO CHINO).**

Puesta en marcha de los procesos anaerobios.

Un aspecto indisolublemente ligado al funcionamiento exitoso de los digestores de biogás lo constituye el inicio, arrancada o puesta en marcha de estos, siendo una de las etapas más importantes del proceso anaerobio, y para muchos la más importante en el orden práctico.

Si el reactor no se arranca adecuadamente, pueden suceder varios casos, entre los que se destacan los siguientes:

- Que el proceso no salga nunca de esta etapa.
- Que esta etapa sea extremadamente larga en tiempo.
- Que la puesta en marcha sea satisfactoria, pero a expensas de un costo excesivo.

Funcionamiento Físico Del Bío-Digestor De Cúpula Fija (Modelo Chino).

El funcionamiento desde el punto de vista físico del biodigestor de cúpula fija está estrechamente relacionado con el equilibrio entre las presiones hidrostáticas creadas en su interior debidas a la acumulación del biogás generado en el domo o cúpula superior del cuerpo del biodigestor. El residual utilizado como materia prima para la generación del biogás, previamente mezclado con agua, en las proporciones adecuadas en correspondencia con el tipo de que se trate, se adiciona por el registro de carga y cae dentro del biodigestor por gravedad. Este residual al ponerse en contacto con las bacterias presentes en el sistema anaerobio comienza el proceso de digestión, pasando por cada una de las etapas ya explicadas, como resultado de este proceso bioquímico esta biomasa inicial se descompone y desprende determinados productos gaseosos entre los que se encuentran, fundamentalmente el metano ( $\text{CH}_4$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases en menor escala. Esta mezcla de gases, que es lo que se conoce como biogás, ejerce una presión sobre las paredes de la cúpula y la superficie semisólida formada por el resto de la biomasa que aún se encuentra en digestión

y los residuos que ya se han digerido, estos últimos, es decir, los residuos ya digeridos al desprender el biogás pierden masa (peso) y se hacen más ligeros, razón por la que se van a encontrar en la parte superior del biodigestor y son desplazados por la presión ejercida por el volumen de biogás, saliendo por la compuerta que une al biodigestor con la laguna de compensación.

De esta forma el material ya digerido es expulsado hacia la laguna de compensación donde puede recogerse ya como abono orgánico de un buen poder nutritivo para mejorar las condiciones de los suelos donde se realizan los cultivos. Este proceso ocasiona que dentro del biodigestor exista una regulación de la presión del biogás que no permita que pueda ocurrir una explosión, precisamente por esto es que esta parte recibe el nombre de laguna de compensación, porque compensa las presiones interiores.

El funcionamiento antes explicado justifica que estos biodigestores funcionen de forma discontinua, es decir cada vez que se aumenta la cantidad de materia orgánica dentro se genera más biogás y la presión de este hace salir el material ya digerido, proceso que se repite cada vez que se realiza la carga del sistema. En la actualidad se han ideado modelos de biodigestores de cúpula fija que se le adiciona un sistema de evacuación directa de los lodos sedimentables, lo cual alarga el período de limpieza considerablemente (Valia, 2005), ya que los modelos tradicionales en dependencia del régimen de funcionamiento requieren una limpieza de estos lodos sedimentados en el fondo con períodos que oscilan entre los 6 meses y los 2 años. Para esta evacuación se debe construir el registro de descarga en un bajo nivel provisto de un tapón o válvula. Esta limpieza debe realizarse esporádicamente (cada 2 meses como mínimo) para evitar la salida de materia no digerida; esto depende del régimen de alimentación del biodigestor y tipo de residual empleado.

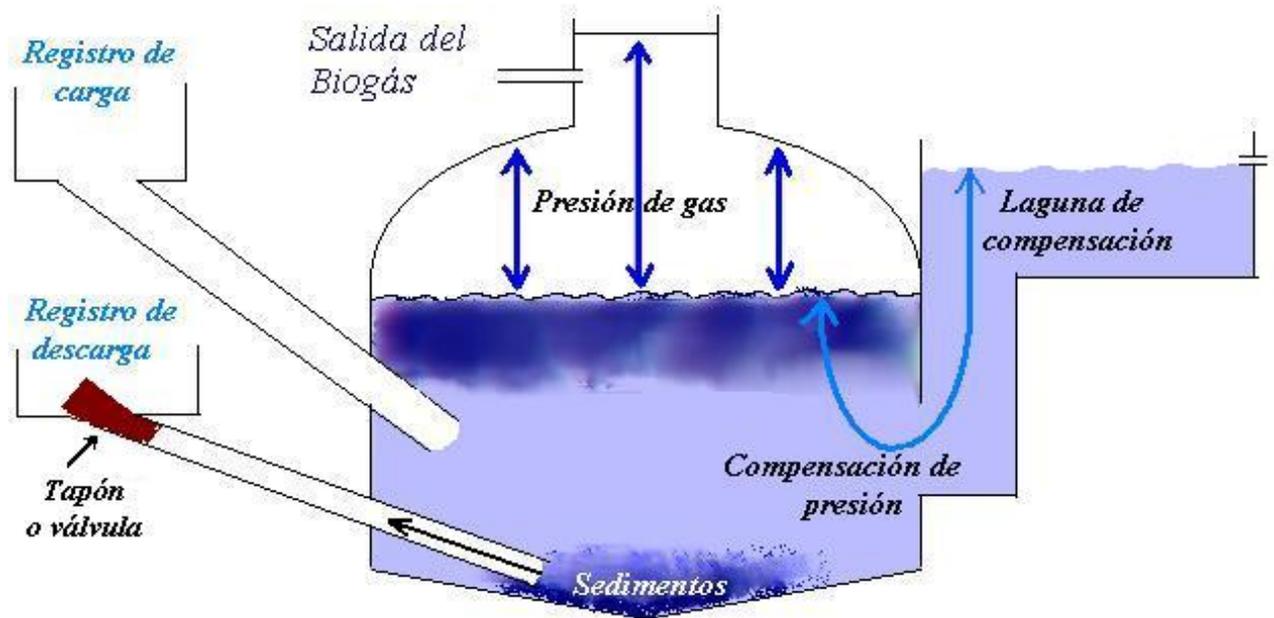


Fig. 1.9. Biodigestor de Cúpula Fija con extracción de lodos.

Ventajas de las Plantas de Biogás con tanque de compensación encima de cúpula.

- Ocupa menor área de construcción.
- Minimiza el volumen de excavación.
- Ahorra el movimiento de tierra para relleno del biodigestor.
- Minimiza el tiempo de ejecución.
- La laguna encima de cúpula favorece a su impermeabilización.
- La salida de bioabono se realiza aprovechando las cargas hidrostáticas.
- La utilización del lecho de secado facilita la manipulación del bioabono.
- La utilización de estanques, lagunas y humedales favorecen al mejor tratamiento del efluente del biodigestor, facilitan su utilización en riego de cultivos lo que implica un ahorro considerable de agua potable.

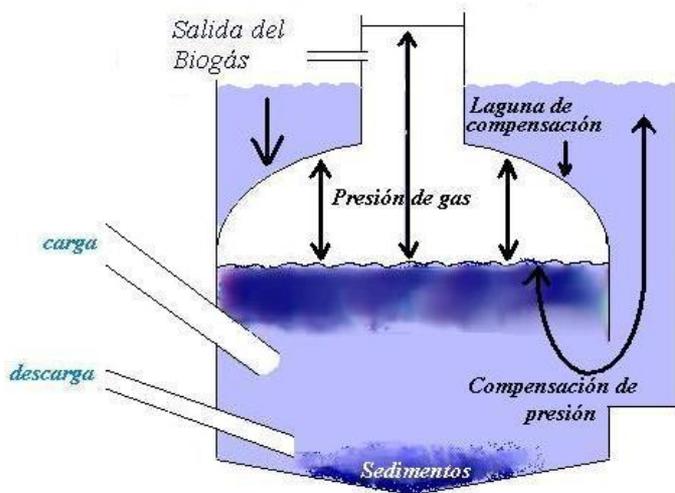


Fig. 1.10. Biodigestor de Cúpula Fija con Laguna de Compensación encima.

Agitador Mecánico: Para mejorar el funcionamiento de los biodigestores también se le puede incorporar un agitador mecánico que se encargará de crear turbulencias en el interior del Biodigestor y romper la costra indeseable, que en muchas ocasiones, dificulta la salida del Biogás a la Cúpula. La turbulencia en el interior del biodigestor rompe las concentraciones de bacterias en lugares específicos distribuyéndose por todo el biodigestor, esto mejora el contacto de las bacterias con la materia orgánica por lo cual mejoran las reacciones entre ellas y así la producción de biogás.

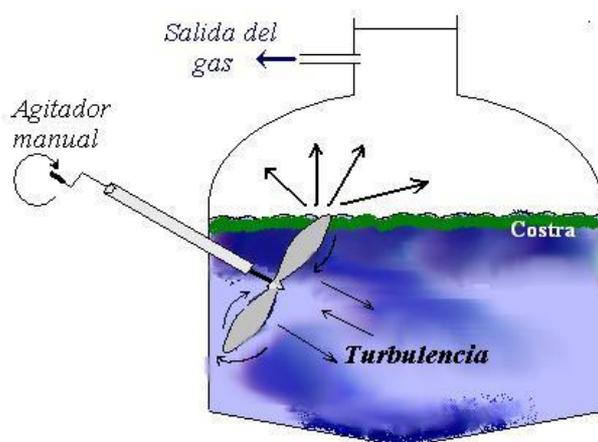


Fig. 1.11. Biodigestor de Cúpula Fija con Agitador Acoplado.

Lecho de Bacterias: Al introducirse los lechos de bacterias en el interior del Biodigestor, las bacterias se concentran además en estos soportes, por lo cual aumenta la superficie de contacto con la materia orgánica, mejorando las reacciones bioquímicas. Un biodigestor con estos lechos de bacterias acoplados, aumenta considerablemente su efectividad. Estos soportes se pueden construir de cualquier material pero es aconsejable el plástico y cristal considerando la agresividad del medio. Pueden ser perfectamente, cajas plásticas con aberturas, tapada y en su interior, trozos de manguera corrugada plástica, siempre de forma tal que permita el paso libre de la materia orgánica y el agua por su interior.

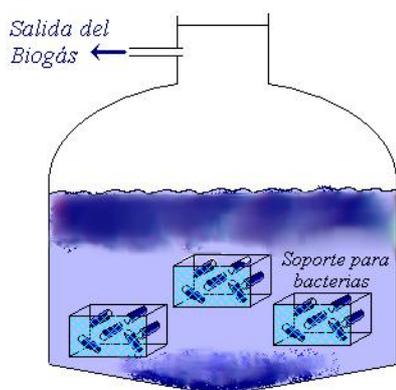


Fig. 1.12. Biodigestor con lechos de bacterias incorporados.

Fuente.	Excreta húmeda diaria (kg) por animal.	m <sup>3</sup> de biogás por día.	Proporción excreta /agua.	Tiempo de retención aconsejable.
Vaca.	10	0,360	1:1	40 días
Toro.	15	0,540	1:1	40 días
Cerdo (50kg)	2,25	0,101	1:1-3	40 días
Pollo.	0,18	0,008	1:3-8	30 días
Caballo.	10	0,300	1:1-3	40 días
Carnero.	2	0,100	1:1-3	40 días
Ternero.	5	0,200	1:1	40 días
Persona adulta.	0,40	0,025	1:1	60 días

**Tabla 1.4. Algunas posibles fuentes de biogás.**

Modelos De Biodigestores Más Usados.

Existen diferentes diseños y formas de clasificar los reactores anaerobios (bío digestores) que procesan aguas residuales. En el presente documento se muestra una forma de agrupar los digestores anaerobios atendiendo a diferentes criterios de clasificación que se basan generalmente en las características tecnológicas de su diseño y construcción.

Reactores de primera generación.	Reactores de segunda generación.	
	Con crecimiento en soporte.	Con crecimiento disperso.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanques sépticos.</li> <li>• Lagunas anaerobias.</li> <li>• Digestores convencionales, (modelo chino o de cúpula fija, modelo hindú o de campana flotante).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Híbrido.</li> <li>• Lecho fijo.</li> <li>• Lecho fluidizado o expandido.</li> <li>• Filtro anaerobio con carbón activado.</li> <li>• Inmovilización de microorganismos.</li> <li>• Asociado a partículas suspendidas.</li> <li>• Contacto rotatorio anaerobio.</li> <li>• Columna de plato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lodo activado anaerobio.</li> <li>• UASB.</li> <li>• EGSB</li> <li>• Circulación interna.</li> <li>• Con ascensión de gas.</li> <li>• Modificado de alta velocidad.</li> <li>• Membrana.</li> <li>• Flujo horizontal con deflectores.</li> <li>• Dos etapas.</li> <li>• Percoladores en serie.</li> <li>• Tubular inclinado.</li> </ul>

Tabla 1.5. Clasificación de los reactores anaerobios.

En los bío digestores de primera generación el tiempo de retención hidráulico (TRH) es igual al tiempo de retención de sólidos (TRS). En los de segunda generación el tiempo de retención de sólidos es mayor que el tiempo de retención hidráulico y como consecuencia, el proceso es mucho más eficiente.

Recientemente se ha comenzado el estudio y la aplicación de bío digestores híbridos, o sea, que están diseñados de forma tal que se combinan en un mismo tanque digestor varios tipos de biodigestores, fundamentalmente el biodigestor UASB, en la parte inferior el biodigestor híbrido y en la parte superior el filtro anaerobio. Hasta la fecha la aplicación práctica de este tipo de biodigestor es sumamente limitada.

Los sistemas de tratamiento anaerobio de segunda generación más aplicados a escala real son los siguientes: biodigestor anaerobio de flujo ascendente con

manto de lodo (UASB) (65%), biodigestor anaerobio de lecho fijo (10%), proceso de contacto anaerobio o biodisco anaerobio o contactor rotatorio anaerobio (9%), biodigestor anaerobio con circulación interna (5%), biodigestor anaerobio con lecho granular expandido (EGSB)(5%), biodigestor híbrido (3%), lecho fluidizado y/o expandido (3%).

En este documento nos ocuparemos esencialmente de los biodigestores de primera generación del modelo chino o de cúpula fija, clasificados también como mini digestores, cuyos volúmenes pueden oscilar desde 5 m<sup>3</sup> hasta 50 m<sup>3</sup>. La mayor experiencia en el montaje y explotación de estos sistemas se encuentra en los modelos de volúmenes desde 8 hasta 47 m<sup>3</sup>, siendo los más usados los biodigestores con volúmenes de 10, 14, 22,5 y 42 m<sup>3</sup>.

#### 1.6.5 - ARRANQUE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS BIODIGESTORES.

Arranque.

***Este es el momento más importante para lograr un buen funcionamiento del bío-digestor, si este no es correcto no se podrá lograr un funcionamiento adecuado y ha ocasionado en muchos casos la pérdida de interés por parte de los beneficiarios en el uso de estos sistemas. El arranque del bío-digestor se realiza con el material de carga disponible; estiércol porcino y/o vacuno (que son los más frecuentes y de mayor disponibilidad en las zonas rurales de nuestro país), el cual debe inocularse o introducirse en el sistema con una mezcla estiércol-agua adecuada para lograr una rápida estabilización del proceso de digestión y de producción de biogás.***

***Si la prueba de presión fue satisfactoria, se inicia el arranque del sistema operando mezclas de estiércol fresco-agua en proporciones iguales preferiblemente o utilizando agua como máximo hasta tres veces la cantidad de estiércol (1:3). En lugares donde no es factible racionalizar el agua se recomienda recolectar el estiércol fresco manualmente antes de efectuar el lavado y depositarlo en el registro de carga o cerca del canal de lavado y***

**diluir con el agua necesaria. Este manejo permite disminuir el consumo de agua.**

*Operación.*

**Para que haya un crecimiento de las bacterias metano génicas y producción continua de biogás se requiere cargar el bío-digestor diariamente. Para evitar que el material inerte como arena, piedras, y otros, entren al bío-digestor es necesario que el fondo del registro de carga tenga una pendiente negativa hacia el sentido de llenado del bío-digestor, o en su defecto construir un desarenador antes de este, el cual debe limpiarse periódicamente.**

**Durante la carga debe revisarse que esté abierta la tubería que conduce la mezcla de estiércol-agua hacia el bío-digestor, una vez terminada la operación de carga tapone la tubería de alimentación para evitar que entren materiales diferentes o agua de lluvia al sistema. Verifique que la tubería de conducción de biogás no contenga agua ya que ella impide el paso de este y su utilización. Si esto se presenta revise la trampa de agua.**

#### 1.6.6 - SIGNIFICADO AMBIENTAL DEL USO DE LOS BÍO-DIGESTORES.

*Disminución del volumen de residual emitido al Medio Ambiente.*

**Como se ha señalado el agua constituye un recurso ecológico fundamental y muy escaso. Por ello es un deber de todo ciudadano velar por su calidad y realizar acciones encaminadas a evitar su contaminación, lo que se encuentra reflejado en el artículo 27 de la Constitución de la República Socialista de Cuba.**

**La cría de animales en cautiverio con el fin de utilizarlos como fuente de proteína en la alimentación humana, es una práctica bastante generalizada entre los pobladores de las diferentes comunidades rurales. La especie que más se utiliza con estos fines es la porcina, la cual en décadas pasadas era criada por la mayoría de las personas de forma libre en los bosques y potreros. En la actualidad esta práctica está más limitada por diferentes factores de orden práctico y económico, lo que hace que un gran número de viviendas en estas comunidades posea corrales para la cría de estos animales, así como pequeñas cochiqueras en las cooperativas campesinas,**

**las cuales generan un volumen considerable de residuales; cada cerdo de 50 kg. de peso genera un volumen de residuales equivalente al de 5,6 personas adultas (ver Tabla 4), que al ser dispuestos de forma tradicional al entorno constituyen contaminantes de las aguas superficiales y del manto freático, así como la generación de la contaminación atmosférica por la emanación de gases fétidos (con olor desagradable) y la posible incorporación de elementos patógenos (virus, bacterias y microorganismos en general) que pueden provocar enfermedades en el resto de los animales, e incluso en las personas que tienen contacto directo con este medio.**

*Repercusión Del Uso De Los Biodigestores En La Protección De La Cobertura Vegetal.*

**Aún en la actualidad es grande el número de personas en el mundo que emplean la biomasa vegetal en forma de leña o carbón para satisfacer las necesidades de cocción de los alimentos, calentar agua y realizar otras labores diarias necesarias para el desarrollo de la vida.**

**Esta situación se evidencia de una forma marcada en la población de las comunidades rurales, lo cual está influenciado por la fuerza de la tradición. Según datos obtenidos en la Empresa Municipal Agropecuaria de la Ciénaga de Zapata se producen 140 000 sacos de carbón anualmente, lo que representa quemar 100 000 m<sup>3</sup> de madera para este fin. Esta producción de carbón equivale a una afectación de 400 ha de bosques por año solo en este territorio, el cual representa unas de las mayores reservas forestales de la provincia y del país; estando reconocida internacionalmente por diversas categorías como Reserva de la Biosfera, por la riqueza de su biodiversidad y Sitio RAMSAR, como humedal de importancia internacional, lo cual lógicamente repercute en la disminución de la cobertura vegetal y por tanto incrementa los procesos erosivos de los suelos al privarlos de su protección natural contra la acción de los vientos y las corrientes de aguas pluviales acelerando los procesos de acidificación del terreno y las alteraciones químicas por la modificación del complejo catiónico de este debido al arrastre de sus componentes minerales disminuyendo así su contenido de**

**nutrientes y alterando también las condiciones biológicas del suelo al afectar la retención de la materia orgánica y la destrucción de la micro fauna edáfica.**

**De acuerdo a observaciones, entrevistas realizadas y al conocimiento práctico, se establece que una familia entre 4 y 6 miembros consume aproximadamente 1,5 sacos de carbón por semana, es decir, cada 7 días. De acuerdo a estos valores se conoce que esto representa un consumo anual de aproximadamente 78 sacos de carbón por cada núcleo familiar de esta composición.**

**A partir de este valor podemos calcular la afectación al bosque que representa el consumo anual de carbón de una familia de 4 a 6 miembros:**

$$140\ 000 \text{ sacos} / 400 \text{ ha} = 78 \text{ sacos} / x \text{ ha}$$

$$x = 400 \text{ ha} \cdot 78 \text{ sacos} / 140\ 000 \text{ sacos}$$

$$x = 0,2228571 \cong 0,22 \text{ ha de bosques afectados} / \text{año} / \text{familia.}$$

**Si consideramos además que la madera transformada en carbón podría tener otros usos, podemos calcular también el volumen de madera quemada:**

$$140\ 000 \text{ sacos} / 100\ 000 \text{ m}^3 \text{ de madera} = 78 \text{ sacos} / x \text{ m}^3 \text{ de madera}$$

$$x = 55,714285 \approx 55,7 \text{ m}^3 \text{ de madera convertida en carbón anualmente por cada familia de 4 a 6 miembros que utilicen este tipo de combustible doméstico.}$$

**Considerando que esta madera sea de mala calidad, como la utilizada para encofrado, esto significaría \$22 112,90 por concepto de la venta de esta que podría obtenerse por cada prototipo biodigestor funcionando anualmente para satisfacer las necesidades de combustible de una familia de estas dimensiones. (3).**

**Quiere esto decir que por cada familia que obtenga su combustible doméstico a partir de un biodigestor se estará dejando de talar 0,22 ha de bosques y dejándose de quemar 55,7 m<sup>3</sup> de madera. Por tanto con los 181 biodigestores ya instalados (suponiendo que cada uno se utilice para resolver las demandas energéticas domésticas de familias de 4 a 6**

*personas) se salvarán 39,82 ha de bosques por año y se dejarán de quemar 10 081,7 m<sup>3</sup> de madera, equivalente a \$4 002 434,9.*

*Estos valores en la realidad son mucho mayores, ya que la base para la realización de esta estimación estuvo dada sobre los datos obtenidos de los mini digestores instalados en la Ciénaga de Zapata, los cuales no rebasan los 5 m<sup>3</sup> de capacidad y prestan servicio a pequeñas familias, mientras que en la actualidad un número bastante considerable de las plantas censadas tienen volúmenes superiores a los 14 m<sup>3</sup>, existiendo una cantidad apreciable de biodigestores con capacidades entre los 34 y los 47,5 m<sup>3</sup> de capacidad, los que son utilizados para resolver el suministro de biogás a un número mucho mayor de personas, las que como es lógico demandarían un consumo mayor de biomasa vegetal para resolver sus necesidades energéticas.*

	<b>1 biodigestor (5 m<sup>3</sup>)</b>	<b>181 biodigestores (considerados todos de 5m<sup>3</sup>)</b>
<b>Carbón sin consumirse (sacos)</b>	<b>78</b>	<b>14 118</b>
<b>Volumen de madera sin quemarse (m<sup>3</sup>)</b>	<b>55,7</b>	<b>10 081,7</b>
<b>Valor de la madera salvada, vendida a precio de madera para encofrado (pesos).</b>	<b>22 112,90</b>	<b>4 002 434,9</b>
<b>Área de bosque salvada (ha).</b>	<b>0,22</b>	<b>39,82</b>

**Tabla 1.6 Repercusión del uso de los biodigestores en la protección del bosque.(4)**

#### **1.6.7 - DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS.**

*En los bío-digestores de cúpula fija el tiempo de retención de la biomasa para lograr el mayor volumen de remoción de la materia orgánica es más elevado que en el resto de los modelos, por este motivo los lodos finales debido al proceso de digestión han estabilizado la materia orgánica, removiendo lo patógenos y logrando un producto estable que no continúa ningún proceso de degradación o putrefacción que pueda ocasionar problemas en su disposición y uso, el cual constituye un abono orgánico de*

***buenas condiciones en cuanto a contenido de nutrientes, entre los que se encuentran cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo y potasio asimilables, los cuales constituyen macro elementos esenciales para el desarrollo de cualquier tipo de vegetal, así como un contenido elevado de micro elementos esenciales para la formación y síntesis de sustancias vitales para el normal desarrollo de las plantas; también estos lodos contribuyen de forma significativa a la retención de la humedad del terreno y mejoran sus condiciones físicas, químicas y biológicas.***

***Para emplearlos es recomendable después de ser sacados del bío-digestor a través de la laguna de compensación concentrarlos en un lugar apropiado durante 1 ó 2 semanas para permitir que pierdan humedad y así facilitar su manejo y disposición, permitiendo la degradación de algunos microorganismos patógenos que aún permanezcan en el mismo. A la hora de aplicarlos en el terreno estos deben ser dispuestos de forma continua formando una capa sobre el suelo para garantizar su eficiencia y removerlos durante el laboreo del terreno. También se han obtenido resultados muy buenos aplicando este en el fondo de los surcos ante de realizar la siembra, para que de esta forma los nutrientes sean asimilados de forma preferencial por el cultivo y no por las malezas.***

***Se han obtenido resultados buenos también empleando el efluente líquido de los bío-digestores para fertilizar las lagunas para la cría de peces de agua dulce, lo cual contribuye al crecimiento de las algas y el fitoplancton que le sirven de alimento, los que después pueden ser empleados para la alimentación de los cerdos y otros animales. Estos efluentes líquidos también se pueden aplicar mediante riego foliar a determinados cultivos, como es el caso de hortalizas, leguminosas y otros. Debe tenerse en cuenta que cuando se realice este tipo de aplicación si se trata de cultivos que se consuman crudos debe esperarse al menos 15 días para realizar la cosecha, pues en estos residuales queda entre un 15 y un 45% de microorganismos que pueden presentar características de patógenos, como es el caso de la***

***salmonera, pasado este tiempo y sometidos estos a la acción ambiental no constituyen ningún riesgo para la salud.***

#### **1.6.8-BIOMASA CAÑERA.**

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad para convertir la energía solar en biomasa. Si tomamos en cuenta sólo el bagazo y la paja, en los cañaverales se almacena alrededor del equivalente a una tonelada de petróleo por cada tonelada de azúcar que pueda producirse. La agroindustria cubana de la caña de azúcar es la fuente más importante de biomasa con que cuenta el país para el desarrollo de energía renovable, y actualmente constituye la única a partir de la cual se está generando electricidad

La biomasa aprovechable energéticamente es el bagazo y los residuos agrícolas cañeros (RAC). El bagazo representa 30 % de los tallos verdes molidos y es el residuo fibroso de este proceso; se obtiene con 50 % de humedad; esto significa que por cada hectárea cosechada es posible obtener anualmente 13,5 t de bagazo, equivalentes a 2,7 de toneladas de combustible equivalente (TCE = 37,5 MJ/kg)

Elementos químicos	Bagazo (%)	RAC (%)
Carbono	47,00	48,28
Hidrógeno	6,50	5,55
Oxígeno	44,00	45,61
Cenizas	2,50	9,50
Azufre	0,00	0,13
Nitrógeno	-	0,43

Tabla 1.7. Composición química del bagazo y los residuos agrícolas cañeros

Calor específico de combustión.

Bagazo: CECS. 19 000-19 900 kJ/kg

CECI: 17500-18900 kJ/kg

RAC: Si se considera como humedad promedio de los residuos agrícolas cañeros

25 %, después de haber transcurrido tres días de secado natural, se puede tener un valor aproximado de su calor de combustión, el cual es: CECI = 11 825 (kJ/Kg).

#### Contenido De Humedad

Esta es la propiedad más importante desde el punto de vista de la producción de vapor. Cuando el trabajo de los molinos es deficiente, es decir, existe un mal ajuste en la presión del último de los molinos, el contenido de humedad del bagazo será superior a 50 %; mientras que con un buen trabajo su contenido será de 48 %; normalmente oscila en un rango estrecho 44-50 %.

#### Contenido De Cenizas

El bagazo de la caña aporta alrededor de 2,8 % de cenizas; y los residuos agrícolas cañeros, 9,5 aproximadamente.

Compuesto químico	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	MnO (%)
%	82,7	1,1	3,4	3,0	3,5	4,6	1,7	-

Tabla 1.8. Contenido de la ceniza del bagazo

#### Características energéticas y ambientales del uso de la biomasa cañera

En particular, la caña de azúcar exhibe índices más ventajosos que otros cultivos en cuanto al almacenamiento de energía proveniente de la radiación solar, como se aprecia en los aspectos siguientes:

\* Es capaz de almacenar 1,7 % de la energía existente en la radiación incidente en cultivos con irrigación y en condiciones experimentales, y 1,1 % en campos bien atendidos con regadío.

\* Tiene un rendimiento potencial genético que se encuentra entre 200 y 300 t/ha,

con un máximo teórico de 233 kg, que compara ventajosamente con otros cultivos.

\* Para un valor calórico de 17 476 MJ/kg de materia seca (MS), con un contenido de materia seca de 30 % y un rendimiento de 100 toneladas de caña integral por hectárea, la producción energética de la caña es veinte veces mayor que la energía que se utiliza para producirla, cosecharla y trasladarla al ingenio.

Como promedio pueden emplearse las siguientes relaciones de sustitución:

\* 5,2 toneladas de bagazo, 50 % de humedad por tonelada de petróleo (39,7 MJ/kg).

\* Una tonelada de bagazo equivale a 231 m<sup>3</sup> de gas natural.

\* Cuatro toneladas de paja equivalen a una tonelada de petróleo (calor de combustión de la paja 30 % de humedad: 11,7 MJ/kg).

\* El valor calórico del bagazo (50% humedad) es de 7,64 MJ/kg, semejante al de la madera: 7,9 MJ/kg.

#### **1-6-9 - BIOCOMBUSTIBLES.**

En los últimos años, varios programas nacionales e internacionales están alentando y apoyando la mejora y desarrollo de formas de producción y usos de la biomasa como recurso para la generación de calor y energía eléctrica. De hecho, están emergiendo nuevas tecnologías prometedoras además de las tecnologías tradicionales (combustión). Las principales motivaciones de los gobiernos de los países desarrollados son la reducción de las emisiones de los gases producidos en la combustión de las fuentes no renovables y la reducción de los residuos (residuos sólidos urbanos). Por otra parte, en los países en vías de desarrollo, la accesibilidad a combustibles eficientes es, a menudo, difícil y, por ello, se ven forzados a utilizar otros combustibles tradicionales (leña). Es una energía procedente de la biomasa y es un combustible extraído de los residuos agrícolas como el del girasol, productos con gran contenido en aceite, que son utilizados como sustitutos del gasóleo (el biodiesel), obtenido a partir de materias primas renovables, es un combustible líquido no contaminante y biodegradable, que se puede utilizar en el sector del transporte urbano, minero, agrícola y marino, así

como en calderas de calefacción, incorporándolo directamente o mezclado con gasóleo

Biocarburantes :

Los biocombustibles líquidos, se denominan también biocarburantes, son productos que se están usando como sustitutivos de la gasolina y del gasóleo de vehículos y que son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola.

**Existen dos tipos de biocarburantes:**

**Bioetanol (o bioalcohol):** Alcohol producido por fermentación de productos azucarados (remolacha y la caña de azúcar). También puede obtenerse de los granos de cereales (trigo, la cebada y el maíz), previa hidrólisis o transformación en azúcares fermentables del almidón contenido en ellos.

El bioetanol se utiliza en vehículos como sustitutivo de la gasolina, bien como único combustible o en mezclas que, por razones de miscibilidad entre ambos productos, no deben sobrepasar el 5-10% en volumen de etanol en climas fríos y templados, pudiendo llegar a un 20% en zonas más cálidas. El empleo del etanol como único combustible debe realizarse en motores específicamente diseñados para el biocombustible. Sin embargo, el uso de mezclas no requiere cambios significativos en los vehículos, si bien, en estos casos el alcohol debe ser deshidratado a fin de eliminar los efectos indeseables sobre la mezcla producidos por el agua.

Un biocarburante derivado del bioetanol es el ETBE (etil ter-butil eter) que se obtiene por síntesis del bioetanol con el isobutileno, subproducto de la destilación del petróleo. El ETBE posee las ventajas de ser menos volátil y más miscible con la gasolina que el propio etanol y, como el etanol, se aditiva a la gasolina en proporciones del 10-15%. La adición de ETBE o etanol sirve para aumentar el índice de octano de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo. También se utilizan ambos productos como sustitutivos del MTBE (metil ter-butil eter) de origen fósil, que en la actualidad se está empleando como aditivo de la gasolina sin plomo.

**Biodiesel:** también denominado biogasóleo o diester, constituye un grupo de biocarburentes que se obtienen a partir de aceites vegetales como soja, colza y girasol (dos principales cultivos de oleaginosas en la Unión Europea). Los biodiesel son metilesteres de los aceites vegetales obtenidos por reacción de los mismos con metanol, mediante reacción de transesterificación, que produce glicerina como producto secundario. Los metilesteres de los aceites vegetales poseen muchas características físicas y físico-químicas muy parecidas al gasóleo con el que pueden mezclarse en cualquier proporción y utilizarse en los vehículos diesel convencionales sin necesidad de introducir modificaciones en el diseño básico del motor. Sin embargo, cuando se emplean mezclas de biodiesel en proporciones superiores al 5% es preciso reemplazar los conductos de goma del circuito del combustible por otros de materiales como el vitón, debido a que el biodiesel ataca a los primeros. A diferencia del etanol, las mezclas con biodiesel no modifican muy significativamente gran parte de las propiedades físicas y fisicoquímicas del gasóleo, tales como su poder calorífico o el índice de cetano.

#### **Obtención y producción de los Biocombustibles:**

Los biocombustibles son productos obtenidos a partir del girasol, caña de azúcar o remolacha. El proceso de obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales, grasas animales y aceites de fritura usados, para su uso como combustible Diesel, se ha llevado a cabo en los Laboratorios de Desarrollo de Procesos Químicos y Bioquímicos Integrados del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid.

El proceso comprende la transesterificación del aceite o grasa con alcoholes ligeros, utilizándose un catalizador adecuado, para generar ésteres de ácidos grasos (biodiesel). El alcohol que generalmente se utiliza es metanol, aunque se pueden utilizar otros alcoholes ligeros, como etanol, propanol o butanol. Como coproducto se obtiene glicerina, que se puede utilizar en otros procesos de interés industrial, suponiendo un factor positivo desde el punto de vista económico. Para la producción de 1.005 kilos de biodiesel, son necesarios 110 kilos de metanol, 15 de catalizador y mil de aceite, además de 4,29 metros cúbicos de agua. Este

procedimiento permite además la obtención de cien kilos de glicerina como subproducto. Estos datos indican que el balance energético de este procedimiento es positivo.

**Materias primas:**

Las materias primas que se pueden emplear en la obtención de biodiesel son muy variadas y pueden clasificarse en:

Aceites vegetales:

Aceites de semillas oleaginosas: girasol, colza, soja y coco.

Aceites de frutos oleaginosos: palma.

Aceites de semillas oleaginosas alternativas: Brassica carinata, Camelina sativa, Pogianus

Aceites de semillas oleaginosas modificadas genéticamente: Aceite de girasol de alto oleico.

Aceites vegetales de final de campaña: Aceite de oliva de alta acidez.

Aceites de fritura usados.

Grasas animales: sebo de distintas calidades.

**Ventajas del Uso de los Biocombustibles :**

- Disminuir de forma notable las principales emisiones de los vehículos, como son el monóxido de carbono y los hidrocarburos volátiles, en el caso de los motores de gasolina, y las partículas, en el de los motores diesel.
- La producción de biocarburantes supone una alternativa de uso del suelo que evita los fenómenos de erosión y desertificación a los que pueden quedar expuestas aquellas tierras agrícolas que, por razones de mercado, están siendo abandonadas por los agricultores.
- Supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.
- El consumo mundial de biocarburantes se cifra en torno a 17 millones de toneladas anuales, correspondiendo la práctica totalidad de la producción y consumo al bioetanol. Brasil, con alrededor de 90 millones de toneladas

anuales y Estados Unidos, con una producción estimada para este año de casi 50 millones de toneladas, son los países más importantes en la producción y uso de biocarburantes. En Brasil el bioetanol se obtiene de la caña de azúcar y su utilización se realiza principalmente en mezclas al 20% con la gasolina. En Estados Unidos el bioetanol se produce a partir del maíz y se emplea en mezclas con gasolina, generalmente al 10%. En la actualidad, este último país ha sustituido casi el 2% de su gasolina por bioetanol.

- El biodiesel, utilizado como combustible líquido, presenta ventajas energéticas, medioambientales y económicas:
  - Desarrollo sostenible tanto en agricultura como en energía.
  - Menor impacto ambiental.
  - Reducción de las emisiones contaminantes: SO<sub>2</sub>, partículas, humos visibles, hidrocarburos y compuestos aromáticos.
  - Mejor calidad del aire.
  - Efectos positivos para la salud, ya que reduce compuestos cancerígenos como PAH y PADH.
  - Reduce el calentamiento global:
    - Reduce el CO<sub>2</sub> en el ambiente cumpliendo el protocolo de Kyoto.
    - Balance energético positivo (3,24:1).
    - 80% del ciclo de vida decrece en CO<sub>2</sub>.
    - Producto biodegradable: Se degrada el 85% en 28 días.
  - Desarrollo local y regional:
    - Cohesión económica y social.
    - Creación de puestos de trabajo.

## 1.7 - ENERGÍA HIDRÁULICA

Ya desde la antigüedad, se reconoció que el agua que fluye desde un nivel superior a otro inferior posee una determinada energía cinética susceptible de ser

convertida en trabajo, como demuestran los miles de molinos que a lo largo de la historia fueron construyéndose a orillas de los ríos.

Más recientemente, hace más de un siglo, se aprovecha la energía hidráulica para generar electricidad y de hecho fue una de las primeras formas que se emplearon para producir la.

El aprovechamiento de la energía potencial del agua para producir energía eléctrica utilizable, constituye en esencia la energía hidroeléctrica. Es por tanto, un recurso renovable y autóctono. El conjunto de instalaciones e infraestructura para aprovechar este potencial se denomina central hidroeléctrica

Las minicentrales hidroeléctricas están condicionadas por las características del lugar de emplazamiento. La topografía del terreno influye en la obra civil y en la selección del tipo de máquina.

- Centrales de aguas fluyentes

Aquellas instalaciones que mediante una obra de toma, captan una parte del caudal del río y lo conducen hacia la central para su aprovechamiento, para después devolverlo al cauce del río.

- Centrales de pie de presa

Son los aprovechamientos hidroeléctricos que tienen la opción de almacenar las aportaciones de un río mediante un embalse. En estas centrales se regulan los caudales de salida para utilizarlos cuando se precisen

A la hora de realizar un proyecto de una minicentral hidroeléctrica y dependiendo del tipo por su emplazamiento, la determinación del caudal y la altura de salto determinará la potencia a instalar, así como, el tipo de mini-turbina.

Existen varios tipos de mini-turbinas:

**De reacción**, que aprovecha la energía de presión del agua en energía cinética en el estator, tanto en la entrada como en la salida, estas aprovechan la altura disponible hasta el nivel de desagüe.

- Kaplan: se componen básicamente de una cámara de entrada que puede ser abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete con cuatro o cinco palas fijas en forma de hélice de barco y un tubo de aspiración.
- Francis: caracterizada por que recibe el flujo de agua en dirección radial, orientándolo hacia la salida en dirección axial. Un distribuidor que contiene una serie de alabes fijos o móviles que orientan el agua hacia el rodete. Un rodete formado por una corona de paletas fijas, torsionadas de forma que reciben el agua en dirección radial y lo orientan axialmente. Una cámara de entrada, que puede ser abierta o cerrada de forma espiral, para dar una componente radial al flujo de agua. Un tubo de aspiración o de salida de agua, que puede ser recto o acodado y se encarga de mantener la diferencia de presiones necesaria para el buen funcionamiento de la turbina

**De acción**, que aprovecha la energía de presión del agua para convertirla en energía cinética en el estator, estas aprovechan la altura disponible hasta el eje de la turbina.

Pelton: Consta de un disco circular que tiene montados en su periferia unas paletas en forma de doble cuchara y de un inyector que dirige y regula el chorro de agua que inciden sobre las cucharas, provocando el movimiento de giro de la turbina.

La **energía hidráulica** se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente, se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores. Es

un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua, y una vez utilizada, es devuelta río abajo. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales y el bajo mantenimiento que precisan una vez estén en funcionamiento centran la atención en esta fuente de energía.

La fuerza del agua ha sido utilizada durante mucho tiempo para moler trigo, pero fue con la Revolución Industrial, y especialmente a partir del siglo XIX, cuando comenzó a tener gran importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía eléctrica. Poco a poco la demanda de electricidad fue en aumento

La primera central hidroeléctrica moderna se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textil y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio.

Además de las centrales situadas en presas de contención, que dependen del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se

llaman de agua fluente. Una de ellas es la de las Cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

Otro equipo que utiliza la energía del agua es el Ariete Hidráulico el cual fue patentado en 1796, por Joseph Montgolfier (1749-1810), consiste en una máquina que aprovecha únicamente la energía de un pequeño salto de agua para elevar parte de su caudal a una altura superior. A partir de su invención, el ariete hidráulico tuvo una amplia difusión por todo el mundo. Baste decir, a modo de ejemplo, que estuvo presente en las famosas fuentes del Taj Mahal en la India, o en el Ameer de Afganistán. Con el tiempo cayó en desuso, sobre todo debido al avance arrollador de la bomba centrífuga. En la actualidad asistimos a un renacer del interés acerca de este aparato, debido a que es tecnológicamente accesible, eficiente, ecológico y muy didáctico.

También tenemos el Motor Hidráulico que utiliza la energía del agua para producir trabajo, este equipo puede utilizar la energía hoy en los pequeños saltos de aguas naturales, como en presas y micro presas para producir energía en condiciones en que las turbinas hidráulicas operan con muy baja potencia y eficiencia, con este equipo se le pretende dar solución a una parte importante de los planes de desarrollo de la comunidad económica rural.

### ***1-7-1-CENTRALES HIDROELÉCTRICAS***

Todas las centrales hidroeléctricas aprovechan la corriente de agua que cae por un desnivel. Se utilizan desniveles naturales del terreno, o bien se hace que el agua caiga desde una presa o dique. Las centrales hidroeléctricas se dividen a grandes rasgos en centrales de baja, mediana y alta presión. El criterio para su clasificación es la altura de embalse o la altura de remanso de agua.

Se pueden distinguir dos tipos de centrales:

**Centrales de baja presión:** Son centrales hidroeléctricas situadas en corrientes de agua con desniveles de caída de 10 metros o superiores y se construyen

intercalándolas en los cursos de los ríos o de los canales. Por razones de índole económica y ecológica el agua se utiliza en su curso natural, siendo embalsada mediante presas. Estas centrales hidroeléctricas pequeñas tienen la desventaja de proporcionar una corriente eléctrica fluctuante, puesto que las variaciones estacionales de las precipitaciones pueden hacer variar el flujo de agua, y por tanto la cantidad de agua disponible.

**Centrales de mediana o alta presión:** Son centrales hidroeléctricas de acumulación o de bombeo (desniveles hasta 100 m.). Estas centrales disponen de zonas de embalse en forma de embalses de gran tamaño o zonas enteras de ríos en las que el agua se acumula durante períodos cortos (acumulación diaria) o más prolongados (acumulación anual). Las centrales hidroeléctricas de acumulación se construyen casi siempre en presas de valles, y aprovechan el agua de cursos naturales renovables. Las centrales hidroeléctricas de bombeo, por el contrario, son centrales que en las épocas de superproducción de energía eléctrica bombean el agua hasta un nivel más elevado para volver a transformar la energía potencial generada, en energía eléctrica en *horas de pico de carga*. Por esta razón, las centrales hidroeléctricas de bombeo no pueden clasificarse en la categoría de plantas que aprovechan energías renovables.

### **¿Cómo funciona una central hidroeléctrica?**

Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis y Kaplan se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Las turbinas hidráulicas se emplean para aprovechar la energía del agua en movimiento. La turbina Kaplan es semejante a una hélice de un barco. Las amplias palas o *alabes* de la turbina son impulsadas por agua de alta presión liberada por una compuerta. La turbina Pelton es un modelo del siglo XIX cuyo funcionamiento es más parecido al de un molino de agua tradicional. La rueda gira cuando el agua procedente del conducto forzado golpea sus paletas o alabes.

Esto es así fundamentalmente en los países del Tercer Mundo, que no disponen de yacimientos propios de hidrocarburos. Las energías renovables son además una importante fuente de empleo, en gran medida distribuido en el mundo rural. Así lo valora la Comisión Europea y las organizaciones sindicales de los países miembros.

## **Ventajas e inconvenientes medioambientales**

### **Ventajas**

- Es renovable.
- No se consume. Se toma el agua en un punto y se devuelve a otro a una cota inferior.
- Es autóctona y, por consiguiente, evita importaciones del exterior.
- Es completamente segura para personas, animales o bienes.
- No genera calor ni emisiones contaminantes (lluvia ácida, efecto invernadero...)
- Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.

- Requiere inversiones muy cuantiosas que se realizan normalmente en comarcas de montaña muy deprimidas económicamente.
- Genera experiencia y tecnología fácilmente exportables a países en vías de desarrollo.

### **Inconvenientes**

- Altera el normal desenvolvimiento en la vida biológica (animal y vegetal) del río.
- Las centrales de embalse tienen el problema de la evaporación de agua: En la zona donde se construye aumenta la humedad relativa del ambiente como consecuencia de la evaporación del agua contenida en el embalse.
- En el caso de las centrales de embalse construidas en regiones tropicales, estudios realizados han demostrado que generan, como consecuencia del estancamiento de las aguas, grandes focos infecciosos de bacterias y enfermedades. En Brasil el brote de *dengue* fue asociado con las represas construidas a lo largo del río Paraná.

### **1-7-2- ARIETES HIDRÁULICOS.**



El ARIETE HIDRAULICO es una bomba de chorro de agua que actúa por choque. Este levanta agua empleando la fuerza que se genera cuando una masa de agua en movimiento se detiene repentinamente. A este fenómeno se le da el nombre de golpe de ariete y se produce por la transformación de energía cinética a energía de presión. Lo que se hace con el ariete es llevar una parte de un caudal grande de agua con poca caída a una cota mayor.

El sitio para ubicar el ariete debe ser bien escogido, debe estar en un lugar tal que se puedan escoger dos puntos en la fuente de aprovechamiento entre los cuales

exista una diferencia de alturas. La distancia entre estos dos puntos dependerá de la pendiente del cauce o la topografía del terreno donde se vaya a ubicar el ariete. Este se debe poner en un sitio de cota entre los dos puntos en el río o fuente, de esta forma el agua llegará de forma natural al ariete y la que no se bombee podrá retornar a su cauce original. Se debe instalar en un punto donde se puedan hacer unos cimientos y una plataforma que soporten la vibración. Además el lugar debe ser bien drenado.

El caudal y cargas disponibles en la tubería de salida están sujetos al caudal y carga disponibles a la entrada del ariete. La entrada del ariete es la que determina cual es la condición de la energía viva en la tubería de entrada, es decir la cantidad de energía cinética que se va a poder transformar en energía potencial mediante el cierre brusco y apertura de unas válvulas que producirán repetidamente el golpe de ariete. La repetición de este fenómeno genera un incremento en la carga piezométrica en la descarga y permite llevar el agua del ariete a otro punto de cota superior.

Para obtener una mayor energía, se debe aumentar la masa en la tubería y para esto el ariete se debe ubicar más cerca al segundo punto, es decir lo más lejos posible de la toma. La descarga se hace por un canal sencillo y no es necesario utilizar tubería. La diferencia de altura entre la toma y el ariete debe ser por lo menos un metro. En la toma se debe instalar una criba (malla) en el extremo de la tubería de captación y esta debe quedar por lo menos 30 cm por debajo de la superficie del agua y 10 cm por encima del fondo.

### **¿Cómo funciona el Ariete Hidráulico?**

El agua se conduce a la caja de válvulas del ariete. La caja de válvulas contiene dos válvulas automáticas, una válvula de descarga que abre hacia abajo y otra de suministro que abre hacia arriba. Encima de esta última hay una cámara de aire en cuya base se encuentra la tubería de suministro. Con la válvula de suministro cerrada existe un flujo continuo por la válvula de descarga. Si la válvula de suministro se cierra intempestivamente se desarrollan presiones por el golpe de ariete que obligan a la válvula de suministro a abrirse permitiendo la entrada de algo de agua a la tubería de salida. Una vez llegue la onda de presión negativa de

la toma, la válvula de suministro se cierra y la de descarga se abre automáticamente. Entonces se produce un flujo de agua gradualmente acelerado a través de la válvula de descarga que ocurre hasta que la fuerza neta ejercida hacia arriba en la válvula supera su peso y en ese momento esta se cierra para comenzar un nuevo ciclo. La cámara de aire sirve como amortiguador de flujo en la tubería de salida reduciendo las fluctuaciones.

El ariete funciona de la manera siguiente, ver el diagrama (fig. 1) para un mejor entendimiento. El agua llega a la toma desde la fuente y de allí se hace circular por caída natural en una tubería que la conduce hacia el ariete, el diámetro de la tubería de entrada debe ser en todo caso mayor a la de salida. La válvula de descarga que se encuentra abierta por su propio peso se cierra con el empuje del agua como se explicó anteriormente. Con el cierre de esta se produce el golpe de ariete en la bomba y obliga

a la válvula de suministro a abrirse. Se fuerza el agua a través de esta a la cámara de aire. Una vez amortiguada la sobrepresión por la entrada del agua a la cámara de aire, se cierra la válvula de suministro y se abre la de descarga permitiendo una vez más el comienzo de un nuevo ciclo. Una válvula roncadora o de admisión de aire, que no aparece en el diagrama, admite aire para que la cámara de aire reponga el aire que absorbe el agua en el bombeo (esta se ilustra en la figura 2). Se puede repetir este procedimiento de 40 a 200 veces por minuto dependiendo de las características del ariete; esta iteración genera una presión en la cámara de aire que llega a ser suficiente para bombear el agua hasta la cota deseada donde se encuentra el depósito.

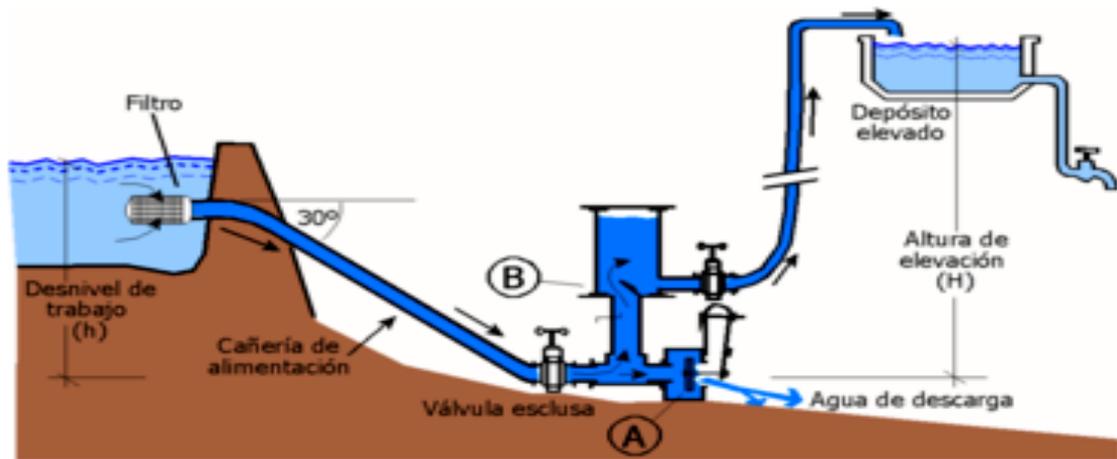


Fig. 1.13. Esquema General del Ariete Hidráulico.

El ariete tiene la ventaja de que funciona sólo, no necesita de ningún tipo de combustible o energía para su funcionamiento puesto que utiliza la energía hidráulica como propulsor. Para comenzar su funcionamiento se debe abrir la válvula de descarga manualmente para que se genere el golpe de ariete y así comience el ciclo. Si se desea parar el funcionamiento se debe mantener cerrada esta válvula y esperar a que se reponga el aire de la cámara por medio de una válvula roncadora. El mantenimiento del aparato es casi nulo y puede funcionar día y noche por largos períodos de tiempo (años en algunos casos), se detiene su funcionamiento casi siempre porque el depósito se llena y no se necesita más bombeo. Es importante que la entrada del agua bombeada al depósito sea por la parte superior para no tener que vencer una cabeza de presión ejercida por el agua.

El ariete no utiliza toda el agua proveniente de la tubería de entrada. Su eficiencia puede ir desde 20 hasta 70 o 90% en algunos casos y depende de la relación entre la cota de la toma y la cota de suministro, con el nivel de referencia en el aparato. La eficiencia es directamente proporcional al valor de esta relación, es decir inversamente proporcional a la altura a la que se va a suministrar el agua. Un ariete puede por ejemplo tomar 379 l/min con una caída de 3m y suministrar 38

l/min a una cota de 20m o 379 l/min con caída de 1.5m y llevar 3.8 l/min a una cota de 75m.

Cuando el suministro de agua se debe efectuar en un tramo muy largo el ariete también debe vencer las pérdidas por fricción y las locales y estas deben ser tomadas como parte de la elevación de suministro.

### **1-7-3- MOTOR HIDRÁULICO DE PISTÓN.**

El Motor Hidráulico de Pistón es un motor capaz de transformar la energía producida por un golpe ó choque hidráulico en movimiento recíprocante del pistón y convertirlo en movimiento de rotación a través de un cigüeñal .Por el efecto de la carga producto de la altura de la columna de agua fluye el líquido hacia el motor.

Cuando la válvula (4) de la figura que se presenta a continuación esta abierta por la

leva (3) venciendo la resistencia del resorte (6) el agua sale y en conjunto con la energía acumulada en el volante (5) hacen que el pistón se desplace desde el punto (A) hasta el punto (B) .En este momento la energía potencial de altura se convierte en energía cinética al fluir el líquido por la tubería.

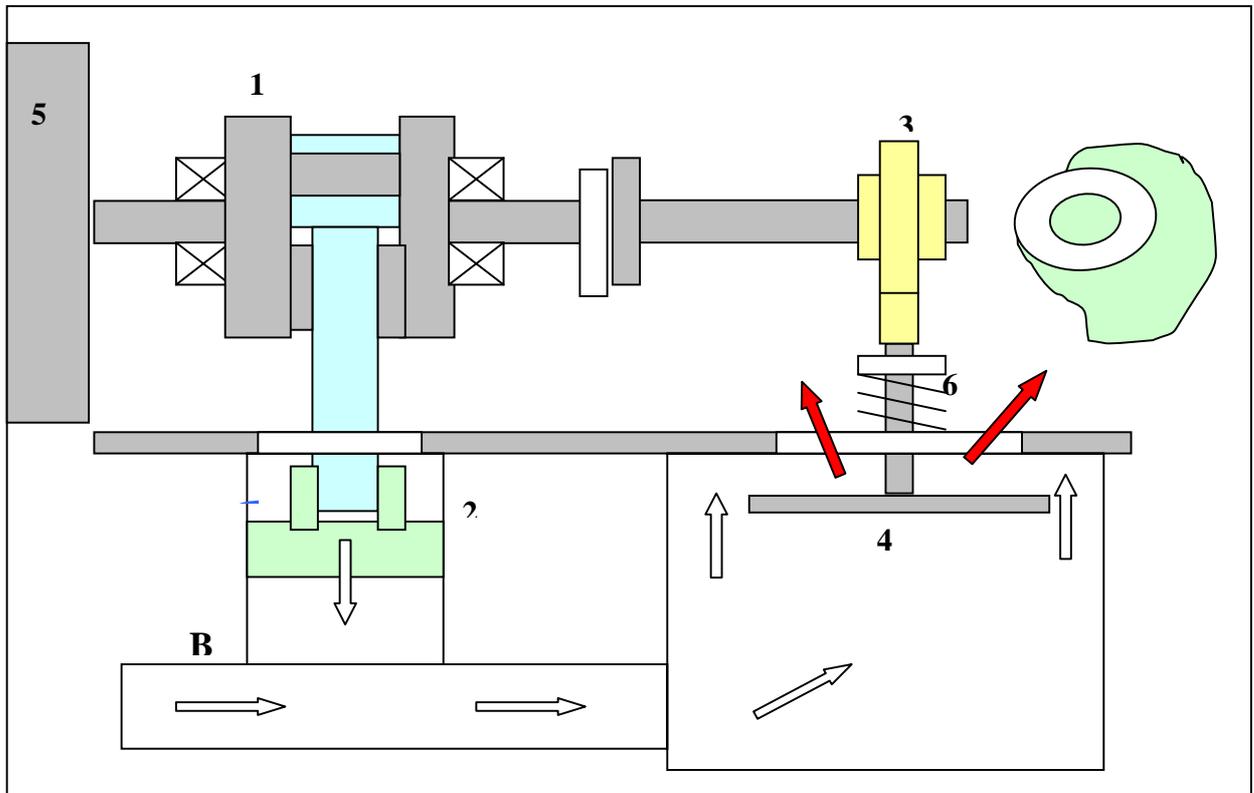


Fig.1.14. Esquema de Funcionamiento del Motor Hidráulico de Pistón.

Una vez pasado el pistón el punto (B) en unos grados, moviéndose el pistón desde (B) hasta (A), como puede apreciarse en la próxima figura la válvula es cerrada rápidamente debido a que la leva (3) tiene un cambio de sección brusco y la válvula (4) por la acción del resorte (6) es cerrada rápidamente lo que provoca que una parte de la energía cinética se convierta en energía mecánica. El flujo de agua que es frenado bruscamente genera una onda de presión que se desplaza desde la válvula al depósito, su valor es lo suficientemente grande como para incrementar los valores de presión en la cabeza del pistón y hacerlo desplazarse desde (B) hasta el punto (A). Unos grados antes de llegar al punto (A) la válvula comienza a abrirse por la acción de la leva y cuando llega al punto (A) la válvula está abierta y el pistón es ayudado nuevamente por la succión y la energía acumulada en el volante, repitiéndose el ciclo nuevamente.



Nuestro planeta guarda una enorme cantidad de energía en su interior. Un volcán o un géiser es una buena muestra de ello.

Son varias las teorías que tratan de explicar las elevadas temperaturas del interior de la tierra. Unas sostienen que se debe a las enormes presiones existentes bajo la corteza terrestre; otras suponen que tienen origen en determinados procesos radiactivos internos; por último, hay una teoría que lo atribuye a la materia incandescente que formó nuestro planeta.

Diversos estudios científicos realizados en distintos puntos de la superficie terrestre han demostrado que, por término medio, la temperatura interior de la tierra aumenta 3 °C cada 100m. de profundidad.

Este aumento de temperatura por unidad de profundidad es denominado gradiente geotérmico.

Se supone que variará cuando alcancen grandes profundidades, ya que en el centro de la tierra se superarían los 20.000°C, cuando en realidad se ha calculado que es, aproximadamente, de 6.000°C.

La forma más generalizada de explotarla, a excepción de fuentes y baños termales, consiste en perforar dos pozos, uno de extracción y otro de inyección.

En el caso de que la zona esté atravesada por un acuífero se extrae el agua caliente o el vapor, este se utiliza en redes de calefacción y se vuelve a inyectar, en el otro caso se utiliza en turbinas de generación de electricidad.

En el caso de no disponer de un acuífero, se suele proceder a la fragmentación de las rocas calientes y a la inyección de algún fluido.

Es difícil el aprovechamiento de esta energía térmica, ocasionado por el bajo flujo de calor, debido a la baja conductividad de los materiales que la constituyen; pero existen puntos en el planeta que se producen anomalías geotérmicas, dando lugar

a gradientes de temperatura de entre 100 y 200°C por kilómetro, siendo estos puntos aptos para el aprovechamiento de esta energía.

Tipos:

- **Hidrotérmicos**, tienen en su interior de forma natural el fluido caloportador, generalmente agua en estado líquido o en vapor, dependiendo de la presión y temperatura. Suelen encontrarse en profundidades comprendidas entre 1 y 10 Km.
- **Geopresurizados**, son similares a los hidrotérmicos pero a una mayor profundidad, encontrándose el fluido caloportador a una mayor presión, unos 1000 bares y entre 100 y 200°C, con un alto grado de salinidad, generalmente acompañados de bolsas de gas y minerales disueltos.

### **1.9 – ENERGIA MAREOMOTRIZ.**

Los mares y los océanos son inmensos colectores solares, de los cuales se puede extraer energía de diversas formas.

- La radiación solar incidente sobre los océanos, en determinadas condiciones atmosféricas, da lugar a los gradientes térmicos oceánicos (diferencia de temperaturas) a bajas latitudes y profundidades menores de 1000 metros.
- La iteración de los vientos y las aguas son responsables del oleaje y de las corrientes marinas.
- La influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas provoca mareas.

Energía de las mareas:

La energía estimada que se disipa por las mareas es del orden de 22000 TWh. De esta energía se considera recuperable una cantidad que ronda los 200 TWh.

El obstáculo principal para la explotación de esta fuente es el económico. Los costes de inversión tienden a ser altos con respecto al rendimiento, debido a las bajas y variadas cargas hidráulicas disponibles. Estas bajas cargas exigen la

utilización de grandes equipos para manejar las enormes cantidades de agua puestas en movimiento. Por ello, esta fuente de energía es sólo aprovechable en caso de mareas altas y en lugares en los que el cierre no suponga construcciones demasiado costosas.

La limitación para la construcción de estas centrales, no solamente se centra en el mayor coste de la energía producida, si no, en el impacto ambiental que generan.

La mayor central mareomotriz se encuentra en el estuario del Rance (Francia). En nuestro país hay una central mareomotriz en Península de Valdés ( Chubut ) .

La actividad de la marea de los océanos del mundo es controlada por la influencia del campo de gravedad creada entre la luna y la tierra y tiene suficiente energía para suplir al mundo de electricidad si se le pudiera sacar todo el provecho.

Uno de los métodos más simple y al mismo tiempo sofisticado de utilizar la actividad de la marea, es el generador eléctrico a base de la marea del Ing. Doyle W. Brewington. El diseño esta patentado. Su diseño es único ya que puede ser adaptado a una casa de playa pequeña y al equipamiento de un gran puerto.

Se trata de un sistema que tiene como base un acumulador de agua con un diafragma que sube y baja causando al subir un vacío, y al bajar presión, el diafragma está acoplado magnéticamente por un anillo sofisticado magnético y flotante a su alrededor que sube y baja con la marea. Al subir la marea, levanta el anillo magnético que a la vez levanta el diafragma, causando un vacío interno que a base de succión causa que el agua del mar pase por una turbina acoplada a un generador. Al bajar la marea, causa que el agua salga por donde entró a presión, generando a través de la misma turbina electricidad. La turbina especial opera en la misma dirección sin importar de qué dirección le entra el agua.

La organización conocida como (NOAA) National Oceanographic and Atmospheric Association, emite señales vía satélite indicando los niveles de la marea en distintos puntos del globo. El Generador Eléctrico a Base de marea,

convierte esas señales electrónicas en instrucciones electrónicas para que el nivel mínimo indicado sea el punto donde se coloca la toma de agua de mar del aparato. Así pues siempre estará posicionado para la marea más baja y la más alta.

Desde el punto de vista de de construcción, el Generador a Base del Movimiento de la Marea tiene grandes ventajas. Son las siguientes.

1. Un aparato que no crea polución alguna.
2. Energía producida es de recursos naturales.
3. Se puede construir en cualquier tamaño para cualquier caso.
4. Puede producir energía eléctrica de 100kW hasta 100MW+.
5. Fácil mantenimiento.
6. Vida de operación ilimitada con mantenimiento adecuado.
7. Costo de operación bajo.
8. Energía a pocos centavos.
9. Licencias de construcción y mercadeo fácil de adquirir.
10. Funciona en cualquier parte del mundo.

El Tanque Acumulativo es de material acrílico especial que no se degrada con los rayos ultravioleta o con el agua salada del mar. Todas las piezas metálicas expuestas a la intemperie también son de materiales que no son afectadas por el sol, temperaturas extremas o el medioambiente del mar.

Todo material magnético esta sellado en film de teflón con la materia de la araña interna de plástico HDPE codificado para el uso. El material de flotación son las bolsas de teflón que se inflan para mantener la propia relación a gravedad con el peso del material magnético que es Samario/Cobalto, y luego el peso suficiente para bajar con la marea mientras que jala magnéticamente acoplado a el diafragma,

La turbina es de cerámica con un eje de cerámica que le da vuelta al generador interno. El generador está sellado dentro de una cúpula especial impermeable al agua o al vapor erosivo del agua salada del mar.

Las señales que vienen por satélite de la central de National Oceanographic and Atmospheric Association, (NOAA), salen varias veces en el periodo de 24 horas y permiten el ajuste del punto de entrada del agua del mar a la turbina, eso ocurre automáticamente, a través de un chip en la consola electrónica interna que sube y baja la plataforma hidroajutable.

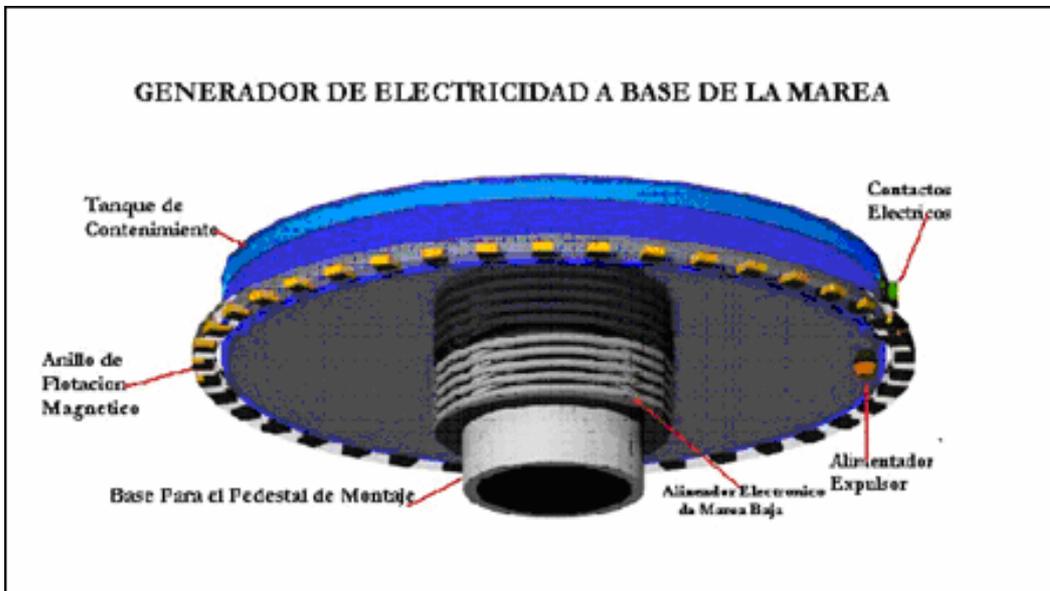


Fig. 1.16. Esquema General del Generador de Electricidad a Base de la Marea.

La explotación de las diferencias de temperatura de los océanos ha sido propuesta multitud de veces, desde que d'Arsonval lo insinuara en el año 1881, pero el más conocido pionero de esta técnica fue el científico francés George Claudi, que invirtió toda su fortuna, obtenida por la invención del tubo de neón, en una central de conversión térmica.

La conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se

encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24 °C. Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20°C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

Existen dos sistemas para el aprovechamiento de esta fuente de energía:

El primero consiste en utilizar directamente el agua de mar en un circuito abierto, evaporando el agua a baja presión y así mover una turbina. El departamento de energía americano (DOE) está construyendo un prototipo de 165 kW en las islas Hawaii, con él se pretende alcanzar la experiencia necesaria para construir plantas de 2 a 15 MW.

El segundo consiste en emplear un circuito cerrado y un fluido de baja temperatura de ebullición (amoníaco, freón, propano) que se evaporan en contacto con el agua caliente de la superficie. Este vapor mueve un turbogenerador, se condensa con agua fría de las profundidades y el fluido queda dispuesto de nuevo para su evaporación.

El rendimiento de este sistema es su bajo rendimiento, sobre un 7%, esto es debido a la baja temperatura del foco caliente y la poca diferencia de temperatura entre el foco frío y caliente. Además es preciso realizar un coste extra de energía, empleado para el bombeo de agua fría de las profundidades para el condensado de los fluidos.

### **1.9.1 - ENERGÍA DE LAS OLAS**

Las olas del mar son un derivado terciario de la energía solar. El calentamiento de la superficie terrestre genera viento, y el viento genera las olas. Únicamente el 0.01% del flujo de la energía solar se transforma en energía de las olas. Una de las propiedades características de las olas es su capacidad de desplazarse a grandes distancias sin apenas pérdida de energía. Por ello, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental. De este modo la energía de las olas se concentra en las costas, que totalizan 336000 km de longitud. La densidad media de energía es del orden de 8 kW/m de costa. En comparación, las densidades de la energía solar son del orden de 300 W/m<sup>2</sup>. Por tanto, la densidad de energía de las olas es, en un orden de magnitud, mayor que la que los procesos que la generan. Las distribuciones geográficas y temporales de los recursos energéticos de las olas están controladas por los sistemas de viento que las generan (tormentas, alisios, monzones).

La densidad de energía disponible varía desde las más altas del mundo, entre 50-60 kW/m en Nueva Zelanda, hasta el valor medio de 8 kW/m.

La tecnología de conversión de movimiento oscilatorio de las olas en energía eléctrica se fundamenta en que la ola incidente crea un movimiento relativo entre un absorbedor y un punto de reacción que impulsa un fluido a través del generador.

La potencia instalada en operación en el mundo apenas llega al MW. La mayor parte de las instalaciones lo son de tierra. Los costes fuera de la costa son considerablemente mayores. En el momento actual, la potencia instalada de los diseños más modernos varía entre 1 y 2 MW. Pero todos los diseños deben considerarse experimentales.

De los sistemas propuestos, para aprovechar la energía de las olas, se puede hacer una clasificación, los que se fijan a la plataforma continental y los flotantes, que se instalan en el mar.

Uno de los primeros fue el **convertidor noruego Kvaerner**, cuyo primer prototipo se construyó en Bergen en 1985. Consistente en un tubo hueco de hormigón, de diez metros de largo, dispuesto verticalmente en el hueco de un acantilado. Las olas penetran por la parte inferior del cilindro y desplazan hacia arriba la columna de aire, lo que impulsa una turbina instalada en el extremo superior del tubo. Esta central tiene una potencia de 500 kW y abastece a una aldea de cincuenta casas.

**El pato de Salter**, que consiste en un flotador alargado cuya sección tiene forma de pato. La parte más estrecha del flotador se enfrenta a la ola con el fin de absorber su movimiento lo mejor posible. Los flotadores giran bajo la acción de las olas alrededor de un eje cuyo movimiento de rotación acciona una bomba de aceite que se encarga de mover una turbina.

La dificultad que presenta este sistema es la generación de electricidad con los lentos movimientos que se producen.

**Balsa de Cockerell**, que consta de un conjunto de plataformas articuladas que reciben el impacto de las crestas de las olas. Las balsas ascienden y descienden impulsando un fluido hasta un motor que mueve un generador por medio de un sistema hidráulico instalado en cada articulación.

**Rectificador de Russell**, formado por módulos que se instalan en el fondo del mar, paralelos al avance de las olas. Cada módulo consta de dos cajas rectangulares, una encima de la otra. El agua pasa de la superior a la inferior a través de una turbina.

**Boya de Nasuda**, consistente en un dispositivo flotante donde el movimiento de las olas se aprovecha para aspirar e impulsar aire a través de una turbina de baja presión que mueve un generador de electricidad.

### **Centrales eléctricas de oleaje**

También el poder de los mares puede ser utilizado para producir energía. Una central eléctrica de oleaje ubicada en la isla escocesa de Islay, ha estado generando electricidad desde el año 2001.

La tecnología es realmente bastante sencilla: no es el agua la que genera la energía, sino el viento que desplaza ese agua. La planta consiste en un depósito en forma de pipa, que se encuentra debajo de la superficie del agua. El nivel del agua sube y baja con el oleaje y el aire en las pipas es impulsado hacia arriba o succionado hacia abajo. El flujo de aires genera energía a través de turbinas Wells, así llamadas en honor a su inventor. Estas turbinas son extraordinarias porque giran en el mismo sentido ya sea que se trate de una entrada o de una salida de aire. El uso óptimo de la energía hidráulica se logra cuando el generador, accionado por las turbinas, produce electricidad también cuando las olas bajan. De esta forma, el “Limpet 500” produce 500 kilovatios –suficientes para abastecer alrededor de 400 viviendas.

## **Conclusiones Parciales.**

- 1- Las Fuentes de Energías Renovables más utilizados a nivel mundial son la Energía de la Biomasa y la Energía Eólica.
- 2- En los últimos años ha sido notable el incremento de la Potencia instalada y del uso de la Energía Eólica.
- 3- En Cuba la Energía Renovable más utilizada es la Biomasa cañera y se esta incrementando el uso de la Energía Eólica.
- 4- Los mayores Potenciales Energéticos en Cuba y en el Mundo están en la Energía Eólica y en la Hidráulica, debido a que los equipos necesarios para su aprovechamiento han tenido un gran desarrollo y han incrementado tanto la Eficiencia como la Potencia de Generación.
- 5- La energía Renovable con mayor facilidad de uso es la Biomasa cañera y la que presenta mayor dificultad para usarla es la Mareomotriz.
- 6- Todas las Fuentes Renovables de Energía necesitan un equipamiento para convertir su energía en energía aprovechable (Energía Mecánica, Energía Térmica. Energía Eléctrica, Etc.), la mayoría de estos equipos necesarios utilizan materiales costosos lo cual incrementa el costo energético y frena el uso de las Fuentes Renovables de Energía.

# *Capítulo II*

## **CAPITULO II. DISEÑO DEL PARQUE DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**

### **2.1. INTRODUCCIÓN.**

Las comunidades Cienfuegueras poseen, como las del resto del país y gran parte del mundo, abundantes recursos de energía renovable. En este sentido, una parte clave para llegar a un cambio energético radical es sin duda partir de un proceso profundo de base que cree la confianza (individual y colectiva) de que el cambio es posible.

La gestión local de la energía y su descentralización, se contempla, desde fechas recientes, como una línea estratégica de actuación del país. Este hecho unido al creciente interés de cumplir los compromisos de la Cumbre de Kyoto, así como, el de promover junto a la contención de la demanda energética, la diversificación y la seguridad del abastecimiento energético, colocan en una situación reforzada, respecto a otros ámbitos de competencia, la gestión de la energía a nivel local. Dándole cumplimiento a la gestión de la energía a nivel local se decidió realizar la construcción de un Parque Ecológico Experimental de Energía Renovable el cual se concibe como una herramienta que permite evaluar, promover y mejorar la aceptación social de las nuevas tecnologías vinculadas a las fuentes de energía renovables, con el objetivo último de aumentar la competitividad de las energías limpias.

## **2.2. ESQUEMA GENERAL DEL PARQUE DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**

Para la confección de este esquema se hizo un análisis de la distribución geográfica del lugar donde va a estar ubicado el parque, además se hizo un análisis de factibilidad y de posibilidad de las distintas fuentes renovables de energía.

El Parque Ecológico Experimental de Energía Renovable se concibe ubicado en los entornos de la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez que se encuentra situada en el Consejo Popular Pastorita y muy cercana al resto de las comunidades de la Ciudad de Cienfuegos.

El parque de fuentes renovables constará de cinco áreas temáticas fundamentales:

AREA TEMATICA AGUA: En esta área se montaran equipos relacionados con el aprovechamiento de la energía hidráulica, además de tecnologías limpias de bombear agua.

ÁREA TEMÁTICA SOL: En esta área se montaran equipos relacionados con el aprovechamiento de la Energía solar en el calentamiento de agua, generación de Energía eléctrica y Refrigeración Solar.

ÁREA TEMÁTICA AIRE: En esta área se montarán equipos relacionados con el aprovechamiento de la Energía Eólica para bombear agua y generar Electricidad.

ÁREA TEMÁTICA TIERRA: En esta área se montaran equipos relacionados con el aprovechamiento de energía procedente de la tierra: Biomasa, Biocombustibles, Biogás.

ÁREA TEMÁTICA MAR: En esta área se montaran Maquetas y Pancartas con las principales tecnologías de aprovechamiento de la energía contenida en el mar.

También se creará un Aula Especializada para la divulgación y capacitación en el uso de las Energías Renovables.

La distribución de los equipos de las distintas fuentes renovables de energía en el parque se hizo atendiendo a las distintas áreas temáticas.

En el área de AGUA se colocaran los siguientes equipos:

- ◆ Ariete Hidráulico.
- ◆ Mini Turbina Pelton.
- ◆ Motor Hidráulico de Pistón.
- ◆ Bomba de soga.
- ◆ Bomba Vaquera.
- ◆ Bici bomba.

En el área del SOL se colocarán los siguientes equipos:

- ◆ Calentadores solares.
- ◆ Paneles Fotovoltaicos.
- ◆ Equipo de Refrigeración por Absorción.

En el área de TIERRA se colocara:

- ◆ Biodigestor de Biogás de Cúpula Fija.
- ◆ Briqueteadora.
- ◆ Pancartas donde se explicara de forma detallada los Biocombustibles.

En el área de AIRE se colocará:

- ◆ Aerobomba de Tipo Rustico.
- ◆ Aerogenerador de Tipo Rustico.

En el área MAR se colocaran:

- ◆ Pancartas donde se explicaran las tecnologías que se utilizan para obtener energía del mar.

## **PLANO DE UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LAS FRE.**

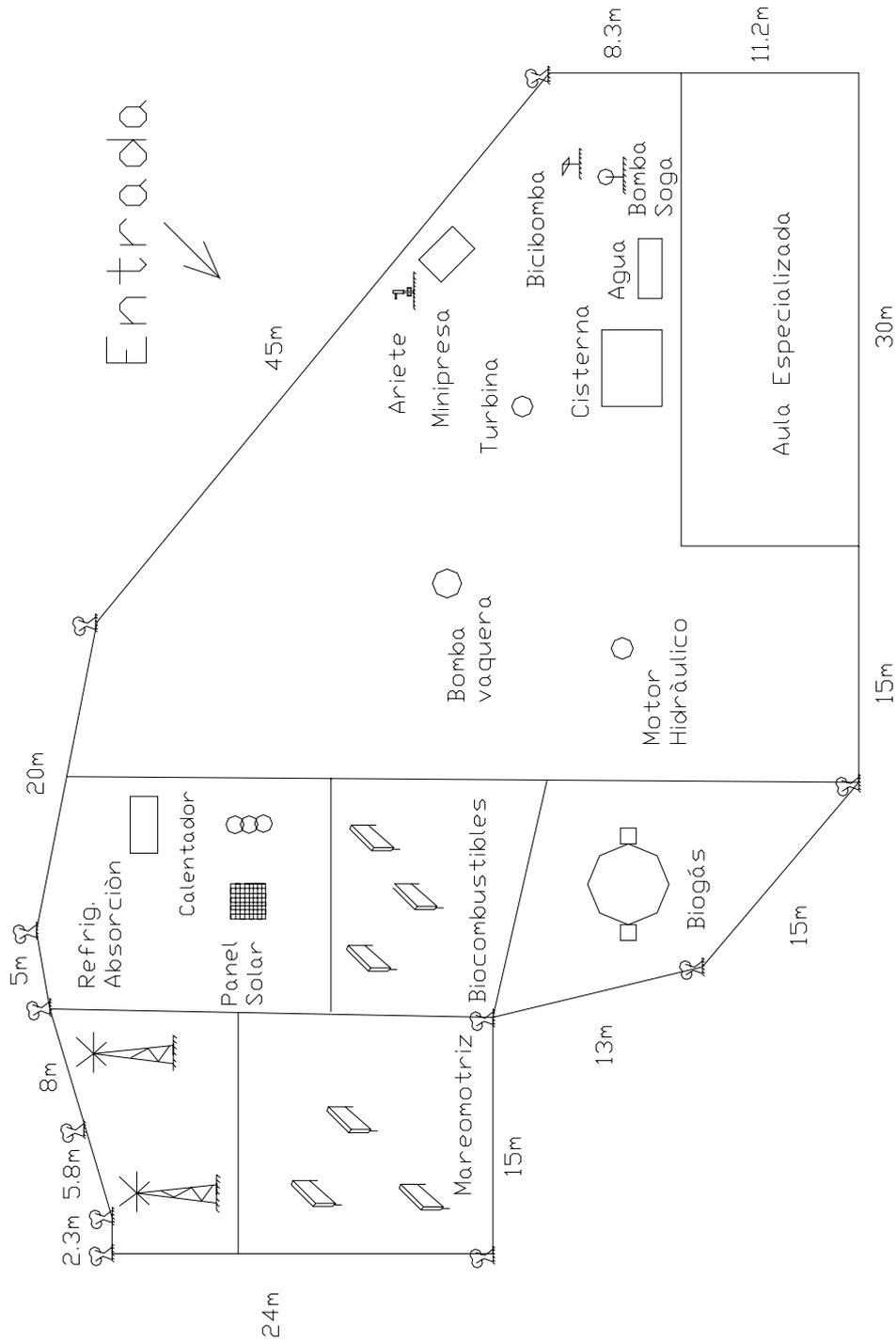


Fig. 2.1. Esquema General del Parque.

## 2.3. CÁLCULOS DE LAS MÁQUINAS PRINCIPALES.

### 2.3.1. MÁQUINAS PRINCIPALES.

La selección de las máquinas principales se hizo atendiendo a la facilidad de construcción de las mismas, al conocimiento de sus metodologías de cálculo, de sus características constructivas y sus características de diseño.

- Ariete Hidráulico.
- Turbina Pelton.
- Biogás.
- Motor Hidráulico de Pistón.
- Aerobombas.

### 2.3.2. CÁLCULO DEL ARIETE HIDRÁULICO.

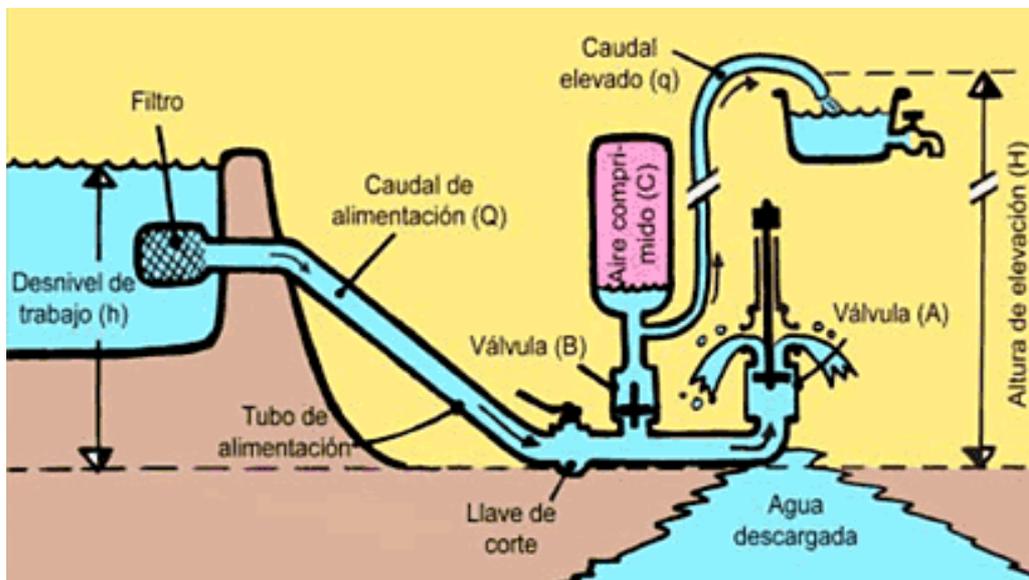


Fig. 2.2 Esquema de funcionamiento del Ariete Hidráulico.

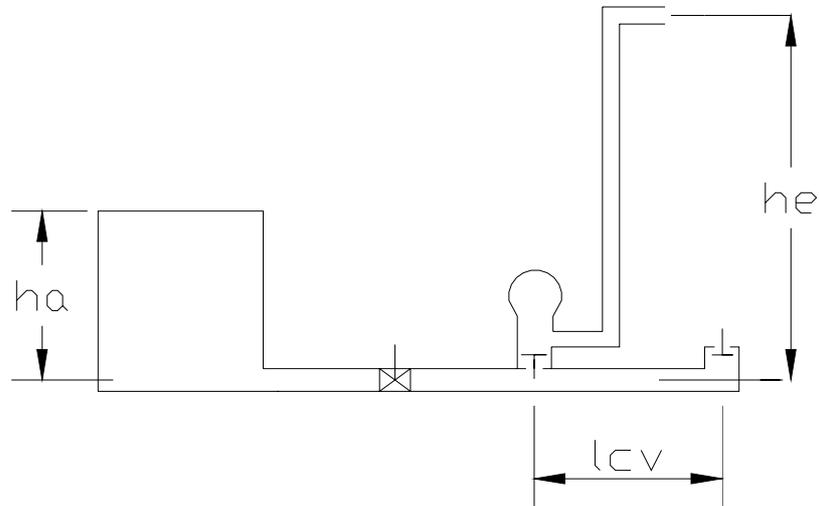


Fig. 2.3. Esquema de la Instalación del Ariete Hidráulico.

## *Datos para el cálculo*

- $h_a \Rightarrow$  Carga de Alimentación ( $h_a = 1\text{m}$ )
- $Q_T \Rightarrow$  Flujo de operación.
- $L_a \Rightarrow$  Longitud de la tubería de alimentación ( $L_a = 3h_a = 3\text{m}$ )
- $d_a \Rightarrow$  Diámetro de la tubería de alimentación ( $d_a = 0,0381\text{m}$ )
- $e \Rightarrow$  Eficiencia de la instalación ( $e = 0,45$ ), esta eficiencia esta en función del cociente  $H/h$ .
- $L_{cu} \Rightarrow$  Longitud de la válvula de ímpetu a la cámara de aire ( $L_{cu} = 0,10\text{ m}$ )

### Rendimiento

El rendimiento del ariete hidráulico representa el porcentaje de agua que se puede bombear en relación al total de la canalizada por el ariete, y varía en función del cociente H/h. Al aumentar el valor resultante, el rendimiento disminuye. En la tabla siguiente puede verse cómo varía el rendimiento energético.

H/h=	4	6	8	10	12
R=	0.76	0.67	0.57	0.43	0.23

El ariete no utiliza toda el agua proveniente de la tubería de entrada. Su eficiencia puede ir desde 20 hasta 70 o 90% en algunos casos y depende de la relación entre la cota de la toma y la cota de suministro, con el nivel de referencia en el aparato. La eficiencia es directamente proporcional al valor de esta relación, es decir inversamente proporcional a la altura a la que se va a suministrar el agua. Un ariete puede por ejemplo tomar 379 l/min con una caída de 3m y suministrar 38 l/min a una cota de 20m o 379 l/min con caída de 1.5m y llevar 3.8 l/min a una cota de 75m.

## Secuencia de Cálculo:

### 1. Área de la tubería de alimentación. ( $A_a$ )

$$A_a = 0.785 \cdot d_a^2$$

$$A_a = 0.785 \cdot (0.0381)^2$$

$$A_a = 1.13 \cdot 10^{-3} m^2$$

### 2. Diámetro de la tubería de Descarga ( $d_d$ )

$$A_d = \frac{1}{2} A_a$$

$$A_d = 0.5 \cdot A_a$$

$$0.785 \cdot d_d^2 = (0.5)(0.785 \cdot d_a^2)$$

$$d_d = \sqrt{0.5 \cdot d_a^2} = 0.70710 \cdot d_a$$

$$d_d = 0.70710 \cdot 0.0381$$

$$d_d = 0.026m$$

### 3. Área de la Válvula de alimentación. ( $A_{va}$ )

se recomienda:  $A_{va} = \frac{1}{4} A_a \rightarrow A_a = 1.13 \cdot 10^{-3} m^2$

$$A_{va} = \frac{1}{4} \cdot 1.13 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$A_{va} = 2.825 \cdot 10^{-4} m^2$$

### 4. Diámetro de la Válvula de alimentación. ( $d_{va}$ )

$$d_{va} = \sqrt{\frac{4A_{va}}{\pi}} = 1.1283792 \cdot A_{va} \rightarrow A_{va} = 2.825 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$d_{va} = 1.1283792 \cdot (2.825 \cdot 10^{-4} m^2)$$

$$d_{va} = 3.18 \cdot 10^{-4} m$$

### 5. Carga de entrega. ( $h_d$ )

$$h_d = (10 \div 15) \cdot h_a$$

$$h_d = 10 \cdot h_a = 10 \cdot 1m$$

$$h_{d \max} = 15 \cdot h_a = 15 \cdot 1m = 15m$$

$$h_{d \min} = 10 \cdot h_a = 10 \cdot 1m = 10m$$

### 6. Gasto entregado. ( $q$ )

según eficiencia ( $e = 0.45$ ) y  $h_a = 1m$

entonces:

$$q_{\min} = e \cdot Q_T \frac{h_a}{h_{d \max}}$$

$$q_{\max} = e \cdot Q_T \frac{h_a}{h_{d \min}}$$

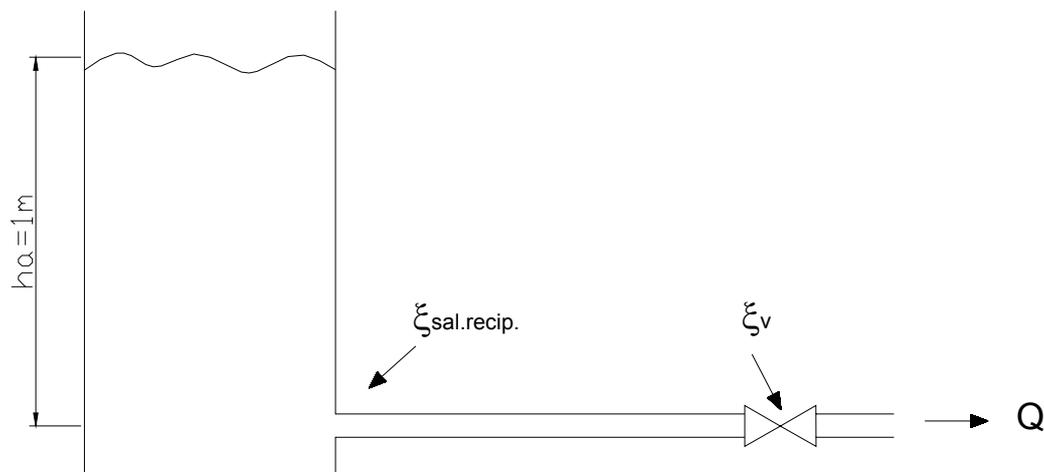


Fig. 2.4. Esquema para calcular Flujo operacional ( $Q_T$ )

Calculando Flujo operacional. ( $Q_T$ )

$$Q_T = V \cdot A_a \quad V \rightarrow \text{Velocidad}$$

Calculando la velocidad

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_a}{1 + \Sigma \xi + \frac{\lambda \cdot l}{d_a}}}$$

donde:

$$\lambda = (0.015 \div 0.04) \rightarrow \text{según Libro de Hidraulic del autor B. Nekrasov y otros (4)}$$

$$\lambda = 0.03$$

$$\sum \xi = \xi_V + \xi_{Sal.recip.} \rightarrow \sum \xi \text{ sumatoria de las pérdidas}$$

$$\rightarrow \xi_v \text{ pérdidas en la Válvula}$$

$$\rightarrow \xi_{Sal.recip.} \text{ pérdida en la salida del recipiente}$$

$$l \rightarrow \text{long. de la tubería de alimentación}$$

$$g \rightarrow \text{Fuerza de Gravedad}$$

Según Nekrasov ( Numeroi )

$$\xi_v = 0.24$$

$$\xi_{Sal.Recip.} = 0.5$$

por lo que:

$$\sum \xi = 0.24 + 0.5$$

$$\sum \xi = 0.74$$

sustituyendo en la fórmula de Veloc.

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1}{1 + 0.74 + \frac{0.03 \cdot 3}{0.381}}} = \sqrt{\frac{19.62}{4.1}}$$

$$V = 2.18 \text{ m/s}$$

entonces:

$$Q_T = V \cdot A_a = 2.18 \text{ m/s} \cdot 1.13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_T = 2.46 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 147.6 \text{ L/min}$$

sustituyendo en las fórmulas de  $q_{min.}$  y  $q_{max.}$

$$q_{\min} = e \cdot Q_T \frac{h_a}{h_{d \max}} = 0.45 \cdot 147.6 L/\min \cdot \frac{1m}{15m}$$

$$q_{\min} = 4.42 L/\min$$

$$q_{\max} = e \cdot Q_T \frac{h_a}{h_{d \min}} = 0.45 \cdot 147.6 L/\min \cdot \frac{1m}{10m}$$

$$q_{\max} = 6.642 L/\min$$

7. Límite de gastos. ( $q_{\lim.}$ )

$$q_{\lim} = 0.29 \cdot A_d \left( \frac{h_a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_a}}{h_d - h_a} \right)$$

$$A_d = 0.5 \cdot A_a = 0.5 \cdot 1.13 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$A_d = 5.65 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$q_{\lim} = 0.29 \cdot 5.65 \cdot 10^{-4} m^2 \left( \frac{1m \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 m/s^2 \cdot 1m}}{10m - 1m} \right)$$

$$q_{\lim} = 1.63 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 0.492 m/s$$

$$q_{\lim} = 8.01 \cdot 10^{-5} m^3/s = 4.806 L/\min$$

8. Volumen de la cámara de aire. ( $V_{ca}$ )

$$Vca_{\max} = (5 \div 6) \cdot q_{\max} = 5.5 \cdot 6.642 = 36.53L$$

$$Vca_{\min} = (5 \div 6) \cdot q_{\min} = 5.5 \cdot 4.42 = 24.31L$$

9. Área de la válvula de ímpetu. ( $A_{vi}$ )

$$A_{vi} = (2 \div 4) A_a \rightarrow A_a = 1.13 \cdot 10^{-3} m^2$$

Se evalúa para 2, 3 y 4.

$$A_{VI(2)} = 2 \cdot A_a = 2 \cdot 1.13 \cdot 10^{-3} m^2 = 2.26 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$A_{VI(3)} = 3 \cdot 1.13 \cdot 10^{-3} m^2 = 3.39 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$A_{VI(3)} = 4 \cdot 1.13 \cdot 10^{-3} m^2 = 4.52 \cdot 10^{-3} m^2$$

Asumo para trabajar  $A_{VI(3)}$

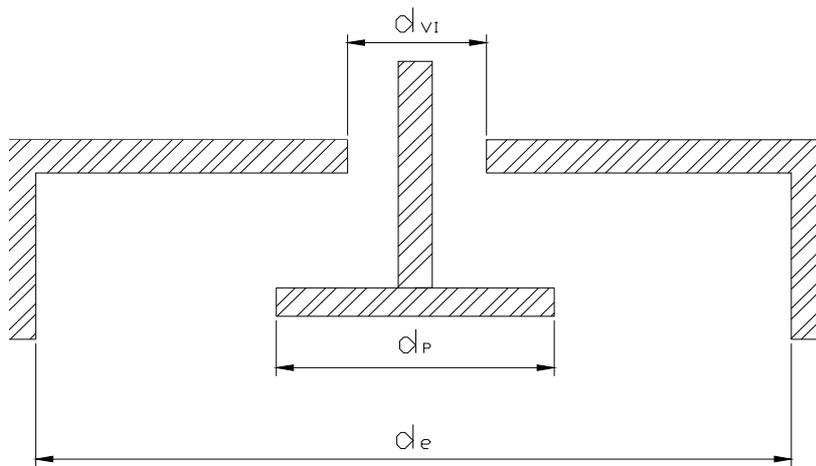


Fig. 2.5. Esquema de la Válvula de Ímpetu.

10. Diámetro de la Válvula de Impetu.

$$d_{VI} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{VI(3)}}{\pi}} \cdot 10^3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.39 \cdot 10^{-3}}{3.14}} \cdot 10^3 = 65.64 mm$$

11. Diámetro del plato de la válvula de Ímpetu. ( $d_p$ )

$$d_p = d_{VI(3)} + 20 = 65.69 mm + 20 mm$$

$$d_p = 85.69 mm$$

12. Diámetro de entrada de la válvula de Ímpetu. ( $d_e$ )

$$d_e = \sqrt{(d_{VI(3)})^2 + (d_p)^2} = \sqrt{(65.69)^2 + (85.69)^2} = \sqrt{4315.17 + 7342.77}$$

$$d_e = 107.97 mm$$

13. Longitud de la tubería de alimentación. ( $l_a$ )

$$l_a = (3 \div 5) \cdot h_a = 3 \cdot 1 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

14. Recorrido. ( $R$ )

$$R = \frac{A_{VI(3)} \cdot 103}{\pi \cdot d_p} = \frac{65.69 \text{ m}^2 \cdot 103}{3.174 \cdot 85.69 \text{ m}} = \frac{6766.07 \text{ m}^2}{269.20 \text{ m}}$$

$$R = 25.13 \text{ m}$$

15. Peso de la válvula de ímpetu. ( $W_{VI}$ )

$$W_{VI} = (0.02 \div 0.03) \cdot A_p \cdot 9.81$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot (d_p)^2}{4} = \frac{3.14 \cdot (8.569 \text{ cm})^2}{4} = 57.67 \text{ cm}^2$$

$$W_{VI} = 0.025 \cdot 57.67 \text{ cm}^2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_{VI} = 14.14 \text{ N}$$

**Parámetros Obtenidos con la Metodología de Cálculo del Ariete Hidráulico.**

<b>PARAMETROS CÁLCULADOS.</b>	<b>RESULTADOS.</b>
Área de la Tubería de Alimentación ( $A_a$ )	$1.13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
Diámetro de la tubería de Descarga ( $d_d$ )	0.026 m
Área de la Válvula de alimentación. ( $A_{va}$ )	$2.825 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
Diámetro de la Válvula de alimentación. ( $d_{va}$ )	$3.18 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
Carga de entrega. ( $h_d$ )	10 m
Gasto entregado. ( $q_{min}$ )	4.42 l/min.
Gasto entregado. ( $q_{max}$ )	6.642 L/min.
Límite de Gastos ( $q_{lim.}$ )	4.806 L/min.
Volumen de la cámara de aire. ( $V_{ca}$ )	24.31 L
Área de la válvula de ímpetu. ( $A_{vi}$ )	$1.13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
Diámetro de la Válvula de Impetu.	65.64 mm
Diámetro de entrada de la válvula de Ímpetu. ( $d_e$ )	85.69 mm
Longitud de la tubería de alimentación. ( $l_a$ )	3 m
Recorrido. (R)	25.13 mm
Peso de la válvula de ímpetu. ( $W_{vi}$ )	14.14 N

TABLA 2.1. Parámetros principales del ariete hidráulico.

### 2.3.3. CÁLCULO DE LA TURBINA PELTON.

Las turbinas hidráulicas no pueden fabricarse en serie. Cada salto (H, Q) requiere un diseño concreto. La velocidad específica salto  $n_s$  es el parámetro clave para fijar en primer lugar el tipo de turbina y en segundo lugar la forma y el dimensionamiento correspondiente. Los datos que necesita el fabricante son la altura neta H y el caudal normal, o de diseño  $Q^*$ . Para calcular la potencia normal  $P_e^*$  que vamos a disponer a partir de H y Q, tenemos la expresión antes desarrollada:

$$P_e = \phi^* Q^* H^* \eta \quad (1)$$

Para una instalación en concreto, según las características H-Q, tomamos un tipo de turbina y tanteamos su  $n_s$  de forma aproximada, de modo que obtenemos las revoluciones de n, según la expresión:

$$n_s = \frac{n^* P_e^{1/2}}{H^{5/4}} \quad (2)$$

Donde las unidades de la expresión son:

Velocidad n            rpm

Potencia normal  $P_e^*$  CV

Altura salto            m

Calculamos la velocidad absoluta, conociendo la altura del salto y en factor de velocidad, para el que tomaremos  $C_1 = 0,98$ .

$$V_1 = c_1 = C_1 \sqrt{2gH} \quad (3)$$

La velocidad tangencial viene determinada por el acuerdo adoptado para diseño de  $u = 0.46 C_1$

Conocida la velocidad absoluta, es decir la de salida de la tobera y el caudal, demos calcular el diámetro del chorro, a partir del cual tomaremos las dimensiones de la cuchara según ecuaciones empíricas:

$$Q = \frac{\pi * d^2}{4} * c_1 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * c_1}} \quad (4)$$

Para conocer el diámetro  $D$  del rodete, conocido la velocidad angular  $n$  (rpm) y la velocidad tangencial  $u$  calculo el diámetro:

$$u = \frac{\pi * D * n}{60} \quad (5)$$

Por último, conociendo el diámetro  $D$  del rodete y el paso de las cucharas puede calcular el número de ellas ( $z$ ):

$$(6)$$

### ***Cálculo Elemental de la Turbina Pelton.***

Datos tomados en función de las características de la bomba y mediciones reales

I-Datos

Salto (H)=10 m

Flujo (Q)=4 L/s

II-Algoritmo de cálculo

1. Potencia de salida (Pe)

$$P_e = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

$$P_e = 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.004 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 10 \text{m} \cdot 0.85$$

$$P_e = 333.54 \text{ Watt} = 0.453 \text{ CV}$$

$\eta = 0.85$  (Considerando para Turbinas pequeñas con un solo inyector).

2. cálculo de las r.p.m (n)

$$n_s = \frac{n * P_e^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

$$n = \frac{n_s * H^{\frac{5}{4}}}{P_e^{\frac{1}{2}}}$$

ns-velocidad específica (ns=20 para turbinas pelton de un solo inyector)

n=528 r.p.m  $\approx$  600 r.p.m (por estar normalizada y disminuir el diámetro del rodete)

3. velocidad del chorro (C1)

$$c_1 = C_1 \sqrt{2gH}$$

C1=0.97÷0.99 (Coeficientes de velocidad).

$$c_1 = 13.72 \text{ m/s}$$

4. Velocidad tangencial de la cuchara.(U)

$$U = 0.46 C_1$$

$$U = 6.31 \text{ m/s}$$

5. Diámetro de choro (d)

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi c_1}}$$

$$d = 0.01926 m = 19.26 mm$$

6. dimensiones de la cuchara.

Longitud (L)

$$L=2.1d$$

$$L=40.44mm$$

Ancho (B)

$$B=2.5d$$

$$B=48.15mm$$

Profundidad (T)

$$T=0.85d$$

$$T=16.37mm$$

d) paso (t)

$$t=2d$$

$$t=38.52mm$$

7. Diámetro del rodete (D)

$$D = \frac{60 * U}{\pi n}$$

$$D=200.85mm$$

### 8. Número de cucharas (Z)

$$Z = \frac{\pi * D}{t}$$

$$Z = 16.38 \approx 16 \text{ cucharas.}$$

### 9. Relación (D/d)

$$D/d = 10.43 \text{ (cercano al valor 12 que es el teórico)}$$

La turbina calculada tendrá estos datos:

Cambiar los valores siguientes

- $P_e = 333.54 \text{ Watt} = 0.453 \text{ CV}$
- $n = 528 \text{ r.p.m.}$
- $V_1 = 13.72 \text{ m/s}$
- $u = 6.31 \text{ m/s}$
- *Dimensiones de las cucharas.*

*Longitud*  $\Rightarrow L = 40.44 \text{ mm}$

*Ancho*  $\Rightarrow B = 48.15 \text{ mm}$

*Profundidad*  $\Rightarrow T = 16.37 \text{ mm}$

*Paso*  $\Rightarrow t = 38.52 \text{ mm}$

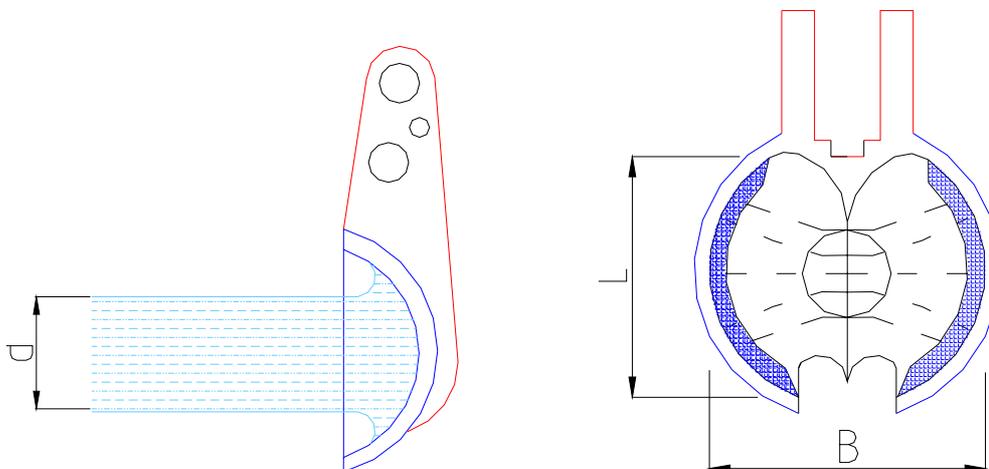


Fig. 2.6. Vistas donde se muestran el diámetro de chorro ( $d$ ), el ancho ( $B$ ) y la longitud de una de las cucharas.

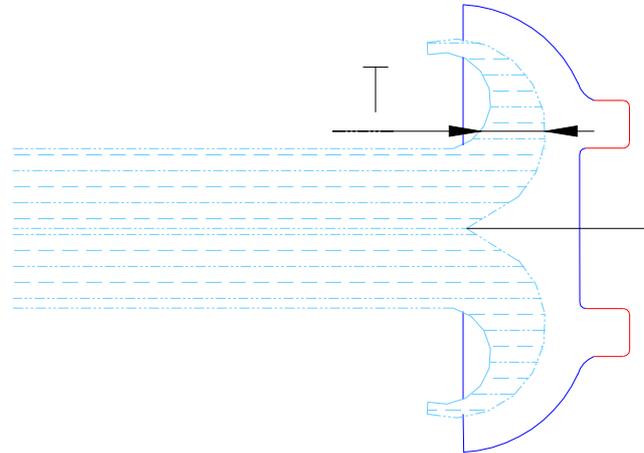


Fig. 2.7. Vista donde se muestra la profundidad de una de las cucharas.

### 2.3.4. DISEÑO DE UN BIOGÁS.

En este epígrafe se propone el diseño de un Biogás de 3 m<sup>3</sup> de volumen, donde se muestran tres vistas con las dimensiones reales del biodigestor y los detalles a tener en cuenta para su construcción, así como la tabla 2.2 que muestra las dimensiones y los datos generales, tipos de materiales con su descripción y la cantidad que se necesita para la construcción del Biodigestor.

Por otra parte se muestra un cuadro Resumen de los Biodigestores Típicos donde aparecen las dimensiones fundamentales de cada digestor en función de su volumen y también aparecen las dimensiones del depósito mezclador de cada tipo.

La selección del Biogás de Cúpula Fija de 3 m<sup>3</sup> se escoge en primer lugar por las ventajas que presentan los biodigestores de cúpula fija con tanque de compensación con respecto a los demás las cuales son:

- Ocupa menor área de construcción.
- Minimiza el volumen de excavación.
- Ahorra el movimiento de tierra para relleno del biodigestor.
- Minimiza el tiempo de ejecución.
- La laguna encima de cúpula favorece a su impermeabilización.
- La salida de bioabono se realiza aprovechando las cargas hidrostáticas.
- La utilización del lecho de secado facilita la manipulación del bioabono.
- La utilización de estanques, lagunas y humedales favorecen al mejor tratamiento del efluente del biodigestor, facilitan su utilización en riego de cultivos lo que implica un ahorro considerable de agua potable.

Por otra parte la selección de este Biodigestor también se debe a que es el menos costoso de los digestores típicos ya que lleva menos materiales de

construcción y el objetivo fundamental de este equipo no es funcional sino educativo.

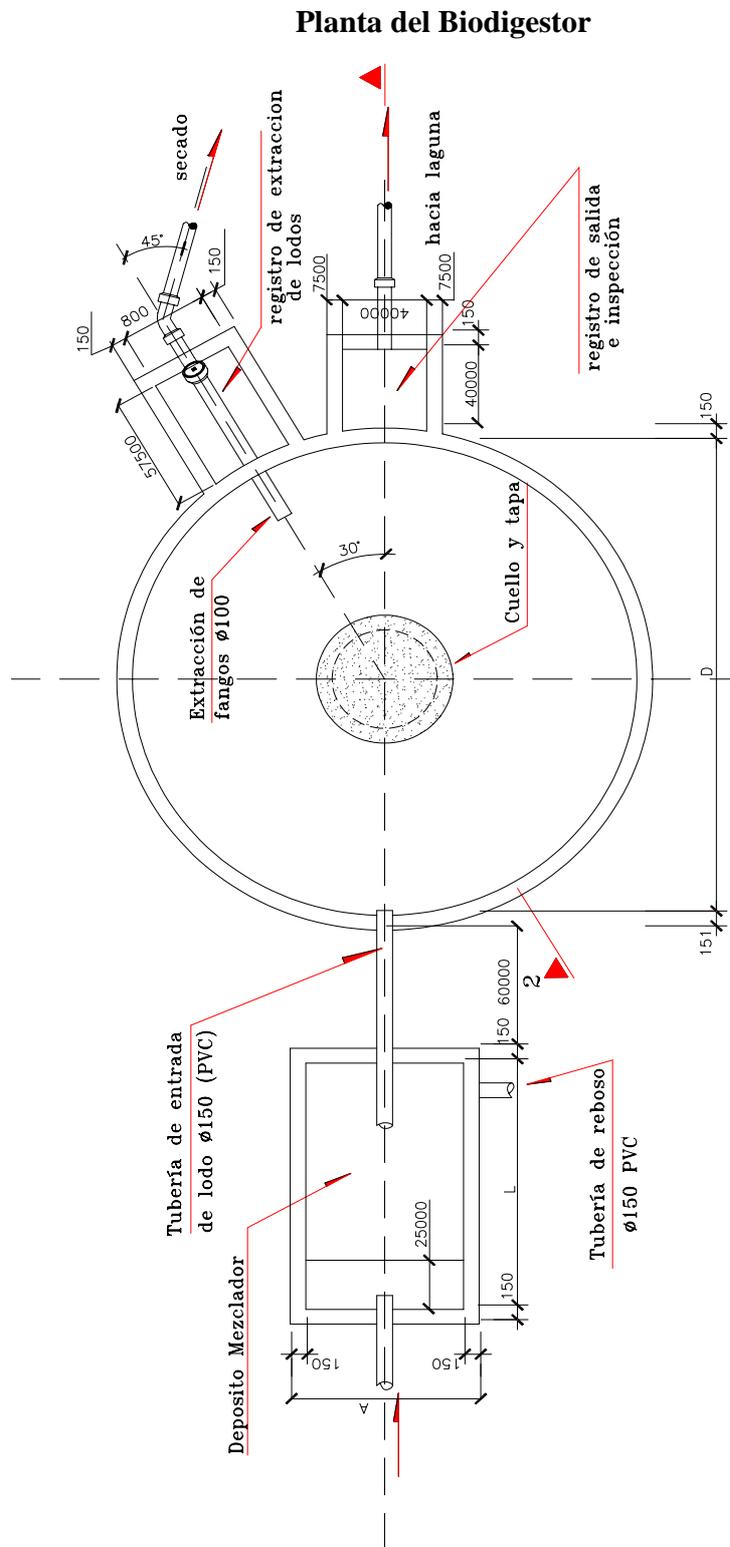


Fig. 2.8. Esquema de la vista superior del biodigestor de 3 m<sup>3</sup>.



Fig. 2.9. Esquema del corte 1-1 de la Planta del Biodigestor.

*Corte 2-2. esc: 1:  
50*



DET. - 1  
esc 1:20

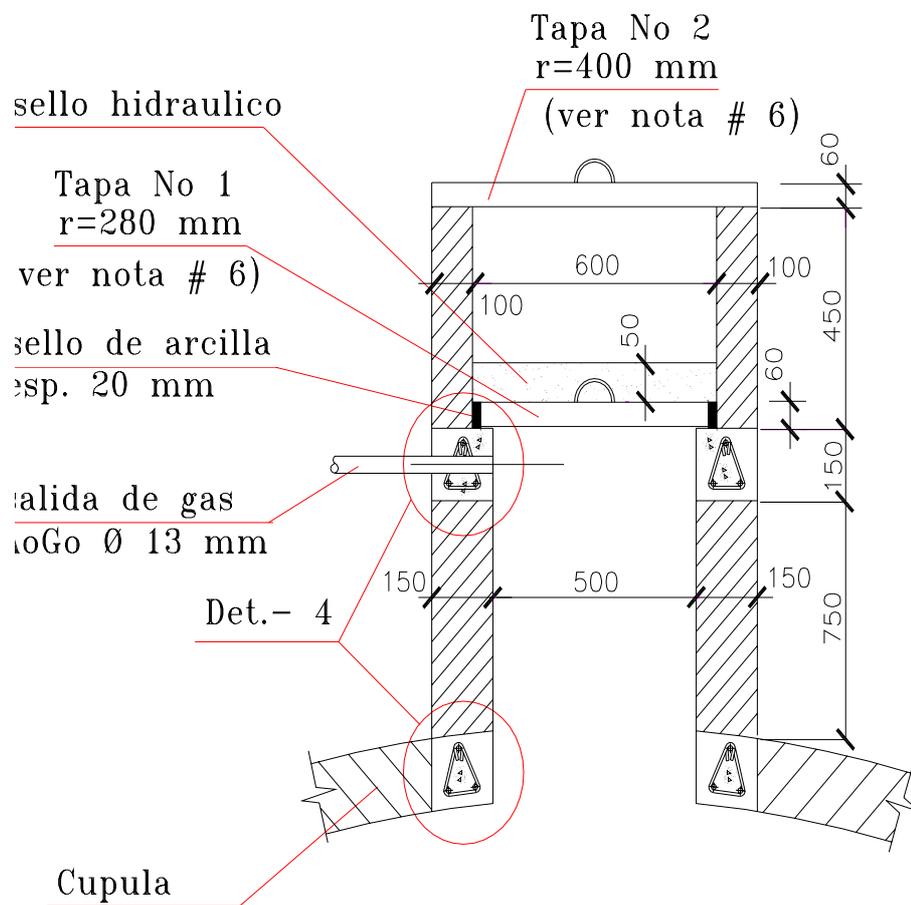
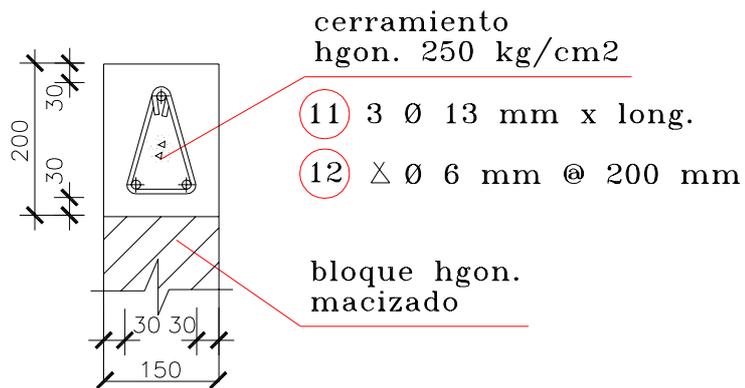


Fig. 2.11. Detalle de Biodigestor.

DET. - 2  
esc 1:10



DET. - 3  
esc 1:10

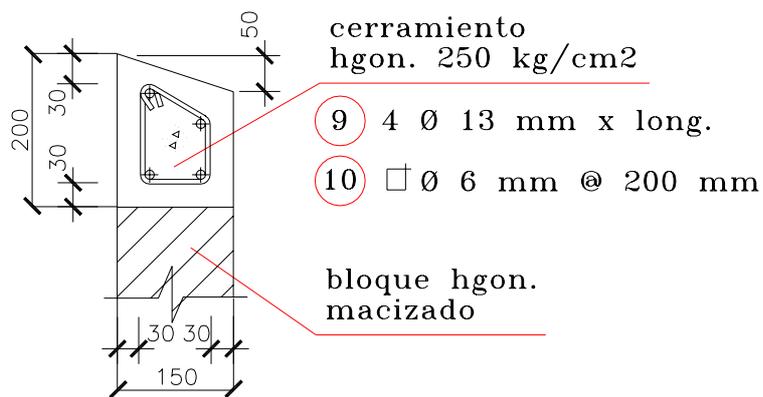
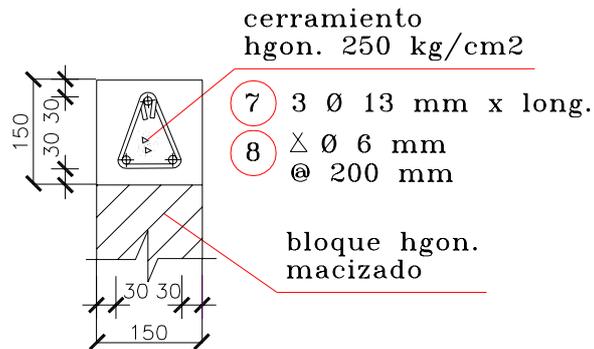


Fig. 2.12. Detalles del Biodigestor.

DET. - 4  
esc 1:10



DET. - 5  
esc 1:10

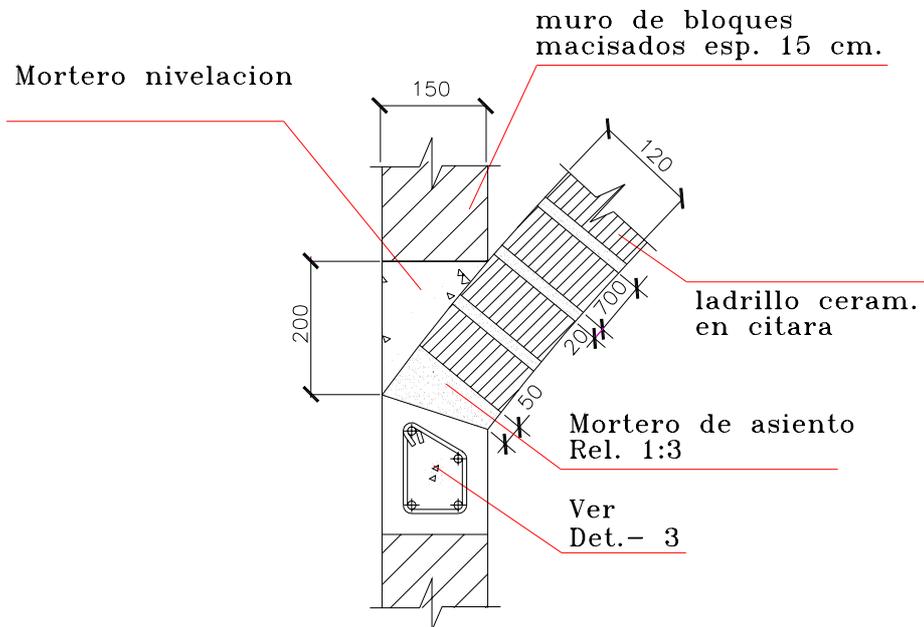


Fig. 2.13. Detalles del biodigestor.

**Tabla con las dimensiones y materiales necesarios para la construcción del Biogás.**

DIMENSIONES DEL DIGESTOR								
D (mts.)	rc (mts.)	hc (mts.)	R (mts.)	hm (mts.)	hv (mts.)	hl (mts.)	hf (mts.)	htc (mts.)
1.0	0.63	0.21	0.50	0.50	0.25	0.20	1.15	0.30

DATOS DEL DIGESTOR							
VOL. DIGEST. ○	PRODUCC. gas/día (m3 biogas/día)	CANTID. Personas (u)	CANTID. Animal. Neces. (u)	Cantidad Vagones (u/día)		VOL. GAS (m3)	VOL. Liquido (m3)
				Excreta Fresca	Agua		
3.0	2.43	7	20	0.38	1.17	0.50	2.50

CUADRO RESUMEN DE MATERIALES			
No	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD
1	BLOQUE DE HORMIGON ESP. DE 15 CM	U	65
2	LADRILLO MACIZO DE BARRO (CUPULA+REGISTROS)	U	150
3	TUBO PVC Ø 100 MM	ML	5.00
4	TUBO PVC Ø 150 MM	ML	15.00
5	MORTERO REL 1:8 PARA MACIZADO	●	0.32
6	ACERO 3000KG/CM2	kg	26
7	ACERO 2400KG/CM2	kg	2.71
8	MADERA	●	1.74
9	MADERA	●	0.026
10	ARENA	●	020
11	PIEDRA	●	0.30
12	CEMENTO	SACOS	3

*Tabla 2.3. Dimensiones y materiales para la construcción de Biogás.*

VD (m <sup>3</sup> )	Prod. De Biog. m <sup>3</sup> /día	Cant. Cerdos (u)	Excreta Fresca (Vagón)	Agua.	Deposito Mezclador m <sup>3</sup>	Cant. Personas. (u)	Vgas (m <sup>3</sup> )	Vlíq (m <sup>3</sup> )	.Rc (m)
3.00	2.43	20	0.39	1.17	0.20	7.00	0.50	2.50	0.63
7.00	4.87	43	0.78	2.58	0.40	14.00	1.20	6.50	1.83
12.00	9.66	86	1.30	3.90	0.60	28.00	1.90	10.00	2.00
16.00	14.70	130	2.34	7.00	1.00	42.00	2.50	14.00	2.17
26.00	19.32	171	2.60	7.80	1.20	56.00	4.80	22.00	2.35
36.00	29.00	257	3.65	14.55	2.10	83.00	5.60	30.00	2.52
40.00	33.60	300	5.20	15.60	2.40	96.00	7.00	33.00	2.70
55.00	48.50	428	7.80	23.40	3.60	139.00	10.00	45.00	3.00
86.00	73.00	540	11.70	35.70	17.16	209.00	13.00	73.00	3.50

### CUADRO RESUMEN DIGESTORES TIPICOS.

A continuación mostramos las tablas con el resumen de las principales dimensiones de los digestores típicos, en función del volumen de biogás que produce cada Biodigestor.

TABLA 2.4. CUADRO RESUMEN DE LOS DIGESTORES TIPICOS.

VD (m <sup>3</sup> )	hc (m)	R (m)	hm (m)	hv (m)	hl (m)	Dtc (m)	htc (m)	hf (m)	D (m)
3.00	0.21	0.50	0.50	0.25	0.20	1.50	0.30	0.70	1.00
7.00	0.53	1.20	1.10	0.50	0.45	2.00	0.50	1.1 - 1.5	2.40
12.00	0.66	1.40	1.15	0.55	0.47	2.33	0.52	1.05 - 1.5	2.80
16.00	0.80	1.60	1.20	0.60	0.48	2.66	0.55	1.05 - 1.5	3.20

26.00	0.94	1.88	1.41	0.81	0.56	3.46	0.55	1.05 – 1.5	3.76
36.00	1.01	2.02	1.60	0.98	0.63	3.90	0.58	1.05 – 1.5	4.00
40.00	1.08	2.16	1.62	1.00	0.65	4.06	0.60	1.0 – 1.4	4.32
55.00	1.20	2.40	2.10	1.20	0.75	4.56	0.65	1.0 – 1.4	4.80
86.00	1.40	2.80	2.10	1.35	0.80	5.00	0.65	1.0 – 1.4	5.60

TABLA 2.5. CUADRO RESUMEN DE LOS DIGESTORES TIPICOS

Referencia

VD = Volumen Total del Digestor.

Vg = Volumen de Almacenamiento de gas.

VI = Volumen de Almacenamiento de líquido.

Rc = Radio de Cúpula.

hc = Altura de Cúpula

hm = Altura del Muro.

hv = Altura de Ventana

hl = Altura del Cono.

Dtc = Diámetro del Tanque Compensador.

hf = Altura fondo del Registro.

DEPOSITO MEZCLADOR			
VD (m <sup>3</sup> )	L (m).	a ( m).	H (m).
3.00	1.00	0.60	0.30
7.00	1.00	1.00	0.40
12.00	1.50	1.00	0.40
16.00	2.00	1.00	0.50
26.00	2.00	1.20	0.50
36.00	2.10	2.00	0.50
40.00	2.50	2.00	0.50
55.00	3.00	2.50	0.50
86.00	8.00	3.00	0.70

TABLA 2.6. Dimensiones Del Deposito Mezclador De Cada Digestor.

### 2.3.5. PARÁMETROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CALENTADORES SOLARES.

A continuación se propone parámetros y medidas así como materiales para la construcción de un calentador solar de 320 litros de capacidad que calienta el agua a 45 °C.

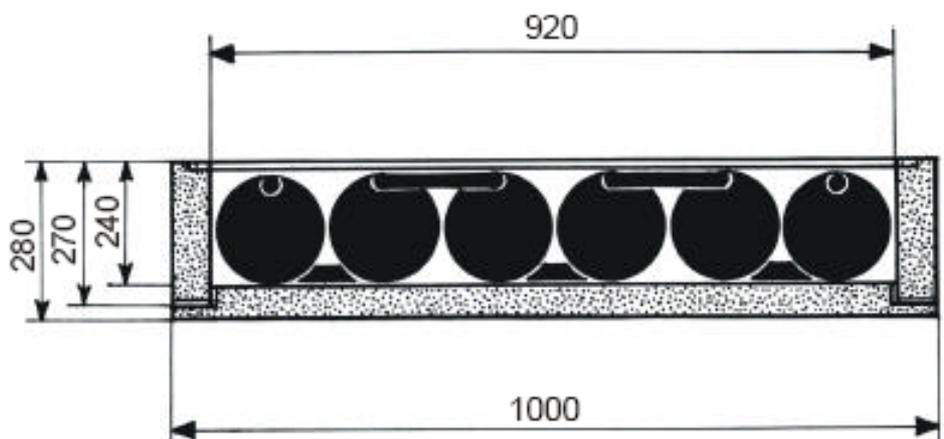


FIG. 2.14. ESQUEMA DE UN CALENTADOR SOLAR.

Ancho: 1000

Alto: 230

Eficiencia según régimen de consumo: 60 %

Capacidad de agua a 45 °C: 320 L

Materiales:

Descripción	Cantidad	U/M
Tubo de aluminio de 6x6	3	U
Panel industrial 3000x1140x40	3.37	m <sup>2</sup>
Angular 40x40	14.50	m
Policarbonato reticulado	2.50	m <sup>2</sup>
Remaches	50	U
Pintura base con catalizador	0.6	L
Esmalte negro mate	0.4	L
Diluyente	0.2	L
Silicona sellante	1	tubo
Silicona de policarbonato	1	tubo
Base opcional	1	U

Tabla 2.7. Materiales, descripción, cantidad y unidades de medidas para la construcción de un calentador solar de agua.

### 2.3.6. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL MOTOR HIDRÁULICO DE PISTÓN.

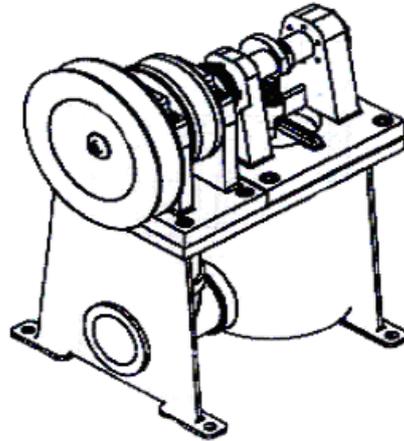


Fig. 2.15. Esquema General del Motor Hidráulico de Pistón.

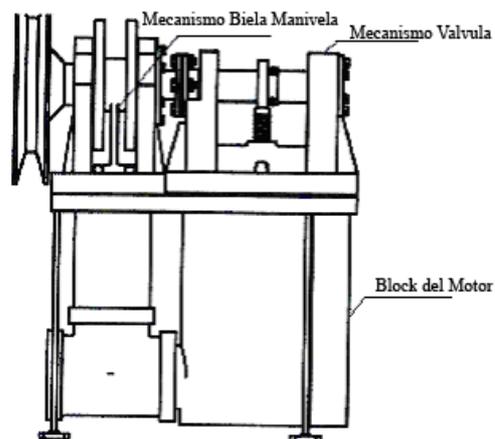


Fig. 2.16. Vista Lateral del Motor Hidráulico de Pistón.

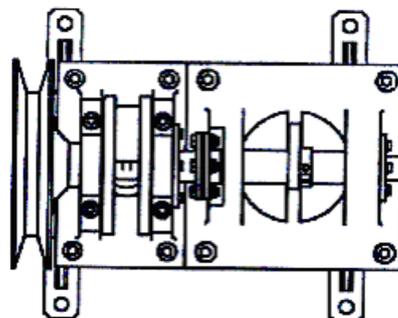


Fig. 2.17. Vista Superior del Motor Hidráulico de Pistón.



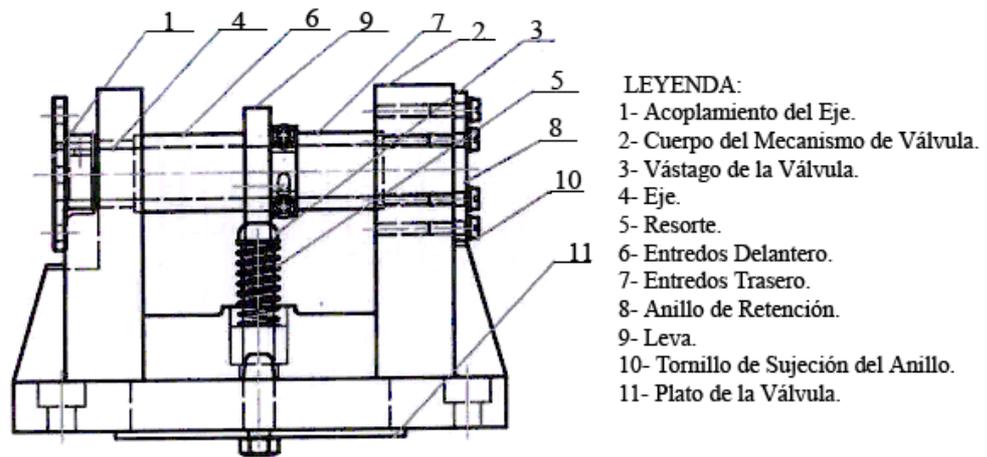


Fig. 2.21. Vista Lateral del Mecanismo de la Válvula.

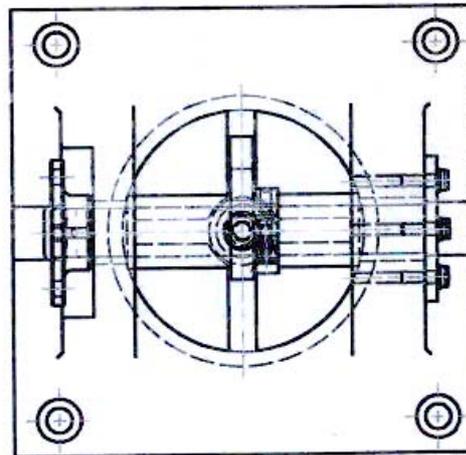


Fig. 2.22. Vista Superior del Mecanismo de la Válvula.

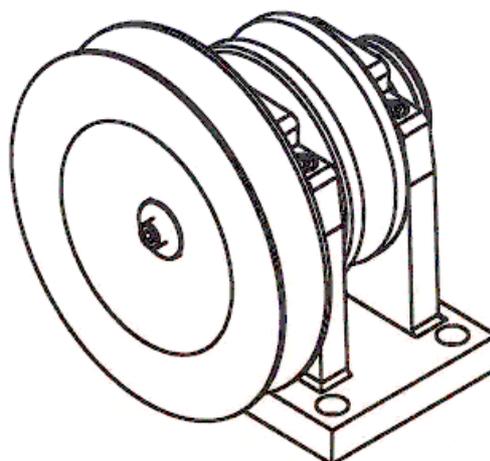


Fig. 2.23. Esquema General del Mecanismo Biela Manivela.

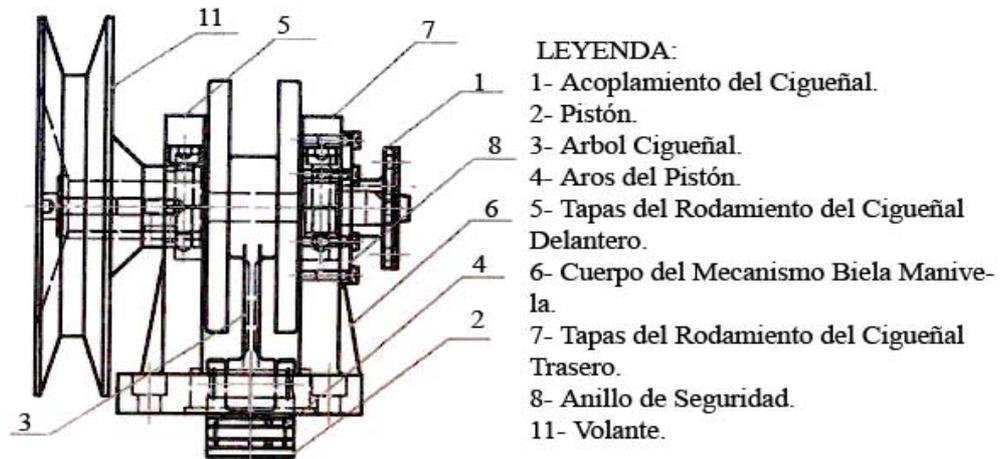


Fig. 2.24. Vista Lateral del Mecanismo Biela Manivela.

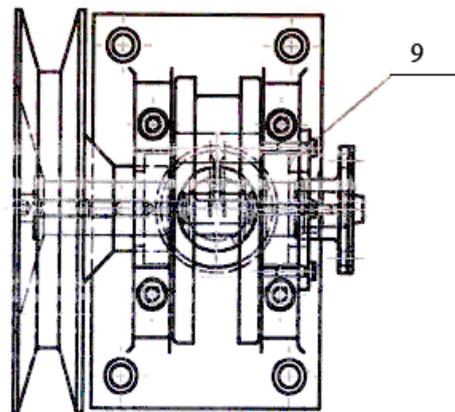


Fig. 2.25. Vista Superior del Mecanismo Biela Manivela.

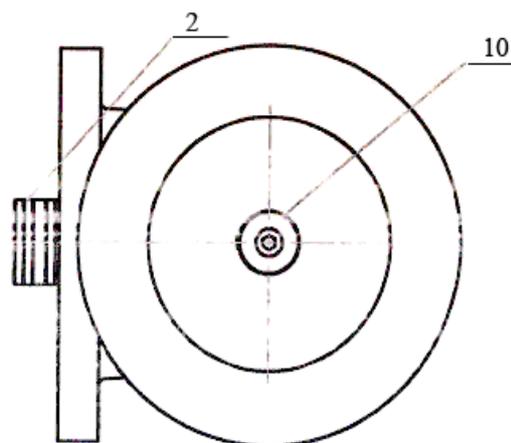
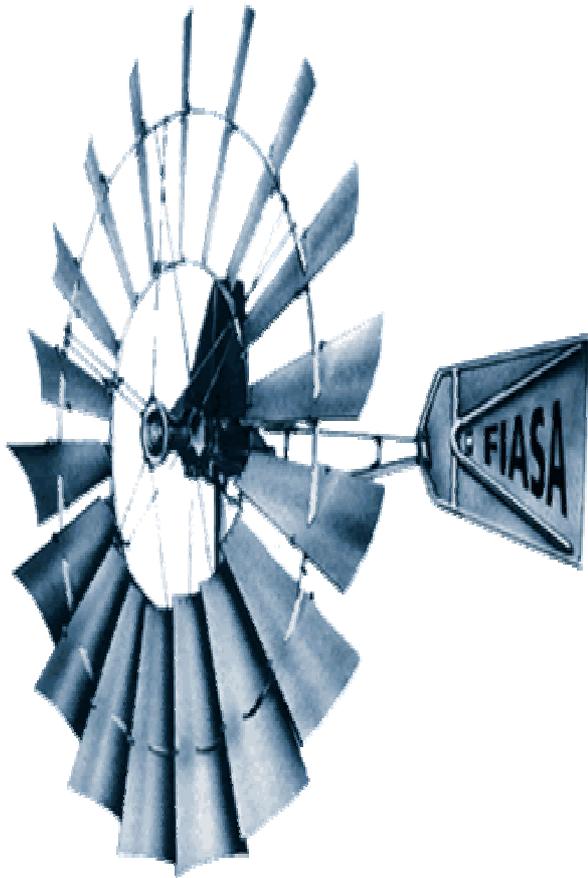


Fig. 2.26. Vista Frontal del Mecanismo Biela Manivela.

### 2.3.7. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE TRABAJO DE LAS AEROBOMBAS.



#### **Energía Gratis**

No consume recursos energéticos. Sin polución.

#### **Duradero**

Construcción fuerte, galvanizada y diseño eficiente para hacer frente a las contingencias del tiempo y asegurar larga duración de bombeo.

#### **Mantenimiento Insignificante.**

Requiere poca atención mas allá de un cambio de aceite y una rápida verificación para asegurar una operatividad irrestricta del molino y accesorios.

#### **Capacidades amplias**

Rueda de 6' a 16' de diámetro brindan abundante fuerza aun en bombeo que exceda la profundidad de 1000 pies.

#### **Confianza**

Orgullosamente el nombre abreviado del mas grande fabricante de molinos en todo el mundo. Las partes son intercambiables

con los molinos fabricados desde los tempranos años '30.

1. Roldana de Guía.
2. Anillo Lubricador.
3. Horquilla de Mando.
4. Biela.
5. Horquilla de Guía.
6. Rayo.
7. Colector de Aceite.
8. Cojinete Renovable.
9. Cojinete Renovable.
10. Para Golpe.
11. Palanca de Abrir y Cerrar.

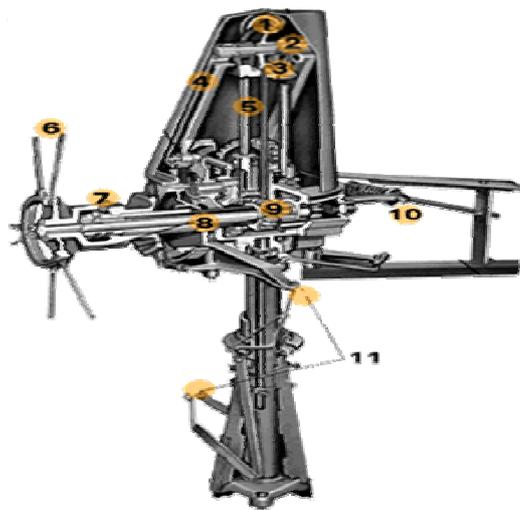


Fig.2.27. Elementos Mecánicos del molino.

## **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL EQUIPO.**

- **Rueda Fuerte, Potente.**  
Los rayos redondos atornillados en la maza y ajustados en posición para formar una rueda rígida sin el uso de bulones en la maza. Las aletas son fuertemente galvanizadas, con la cantidad exacta (18) y la correcta curvatura para desarrollar gran energía aun con brisas ligeras.
- **Cojinetes Reemplazables**  
Cojinetes "Babbitt" (de metal blanco) funcionan con muy poca fricción, aceptan el abuso, son de larga duración y están probados como los mas efectivos para molinos de viento con múltiples aletas. Los cojinetes y partes móviles son fácilmente accesibles.
- **Operación Balanceada**  
Engranajes dobles, grandes piñones y bielas balancean la carga para una operación eficiente con mínimo desgaste.  
La guía de roldana sin fricción mantiene la varilla de bombeo alineada.
- **Dos Golpes**  
Los engranajes y las bielas están diseñados para un fácil cambio al golpe corto para mayor profundidad de bombeo.
- **Construcción de la Torre**  
Hecha para durar. Galvanizado por inmersión luego de su fabricación.  
Las patas esquineras superiores envuelven al robusto tubo de sostén y la ensambladura a cola de milano para asegurar fuerza, rigidez y aun la distribución de carga a las pesadas patas esquineras.  
Los recuadros y tensores redondos están exactamente calibrados sacando posible trabajo al conjunto armado y dando equivalente tensión a cada sección.  
Fuentes recuadros horizontales a intervalos de 6 pies, simplifican el armado sección por sección.
- **Lubricación Positiva**  
Los cojinetes y engranajes están constantemente bañados con aceite.  
El anillo lubricador toma el aceite de los engranajes grandes para mantener los cojinetes superiores lubricados.
- **Auto - Regulación**  
La regulación es automática para proteger al equipo contra fuertes vientos.  
El dispositivo de freno manual esta debajo del molino, fuera de la torre y no mantiene contacto con las partes móviles.

Diámetro del cuerpo de la bomba	Capacidad en litros x hora		Altura en metros a que puede elevarse el agua					
			TAMAÑO DEL MOLINO DE VIENTO					
	6pies -16pies		6pies	8pies	10pies	12pies	14pies	16pies
2 1/4	680	1000	23	34	52	77	110	180
2 1/2	850	1230	20	29	43	65	92	150
2 3/4	1000	1460	17	25	37	55	80	130
3	1200	1780	14	21	31	47	67	110
3 1/4	...	2075	...	...	27	40	57	93
3 1/2	1670	2420	11	15	23	35	49	82
3 3/4	...	2750	...	...	20	30	44	70
4	2150	3150	8	12	18	26	38	61
4 1/2	2750	4000	7	9	14	21	30	49
5	3400	4900	5	8	11	17	24	40
6	...	7100	...	5	8	11	17	26

Tabla.2.8. Parámetros de selección.

Las Capacidades son aproximadas y basadas en molino operando con vientos como se demuestra mas abajo.

El golpe corto incrementa la elevación de bombeo un tercio y reduce la capacidad de bombeo un cuarto.

Con vientos de 12 mph, la capacidad de reduce aproximadamente en un 20%; con vientos de 10 mph, alrededor del 38%. Si los vientos prevalecen son bajos el uso de un cilindro mas pequeño que lo que se especifica permitirá a su molino operar con vientos suaves.

Nunca usar caño menor que la medida especificada para el cilindro. Para pozos profundos, usar válvula a bolilla o cilindros tipo Marcy con varilla de madera de fresno u otro tipo de varilla de bombeo flotante.

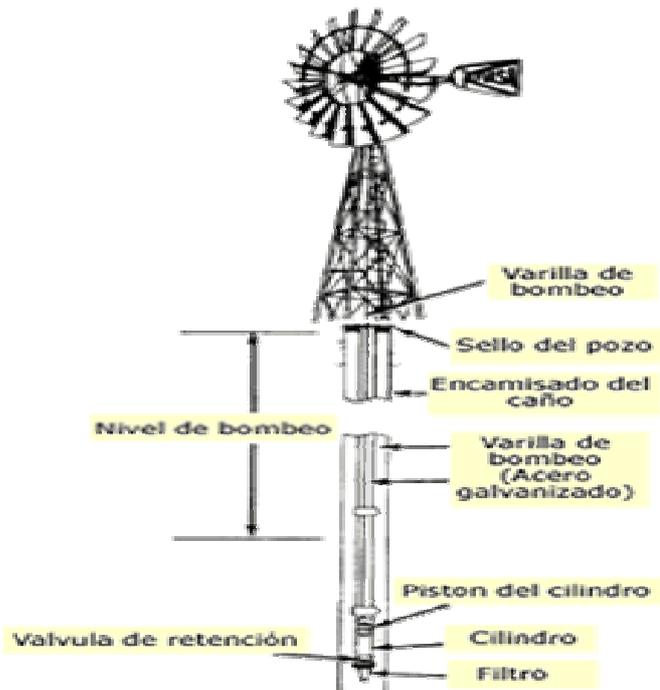


Fig. 2.28. Esquema General del Sistema de Bombeo.

### COMO ESCOGER EL MOLINO DE VIENTO.

1. Calcular el promedio diario de consumo de agua usando la siguiente guía.
2. Dividir el promedio del consumo de agua por cinco hasta llegar al equivalente horario de capacidad de bombeo requerida en su molino. Estos cálculos están basados sobre condiciones de viento que permitan a su molino bombear el equivalente de alrededor de 5 horas de capacidad establecida por día. Naturalmente esto varía según la localidad.
3. Elegir el diámetro del cilindro que mas se acerque al equivalente horario de capacidad de bombeo, usando la tabla de capacidades.
4. Calcular la elevación total de bombeo desde el nivel de agua en el pozo al punto de descarga.
5. Elegir la medida de molino para operar el cilindro al bombear a elevación total usando la tabla de capacidades.
6. Escoger una torre que emplace el centro de la rueda por lo menos 15 pies por sobre las construcciones al viento dentro de un radio de 400 pies.
7. Elegir un cilindro con un golpe de por lo menos 2" mas largo que el golpe de bombeo del molino.

8. Elegir la varilla de bombeo, caño y otros accesorios en las medidas recomendadas para el cilindro específico.

Esta es una guía general. Pregunte a su comerciante **FIASA** para asistirlo en la elección del equipo que mejor se adapte a sus específicos requerimientos de bombeo.

### **Conclusiones parciales.**

- 1- El Ariete Hidráulico como Tecnología que usa la FRE es una máquina cuya eficiencia es elevada dependiendo la misma de la relación altura de descarga y altura de alimentación, en la medida que aumenta la altura de descarga manteniendo la alimentación constante el rendimiento disminuye.
- 2- El costo de mantenimiento del Ariete Hidráulico es prácticamente nulo y el costo de inversión es pequeño en comparación con los beneficios.
- 3- La turbina Pelton es otra tecnología que emplea la Energía Hidráulica como Energía Renovable, la misma es muy empleada en las centrales hidráulicas, la complejidad de su construcción radica en las cucharas las cuales deben tener un gran acabado superficial para aprovechar al máximo la energía disponible.
- 4- El uso de los digestores de Biogás tienen un gran impacto medio ambiental.
- 5- Los Aerogeneradores son una tecnología que tiende a incrementar su uso en Cuba y en el Mundo.

## **CAPITULO III. . ESQUEMA DIDÁCTICO DEL PARQUE DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**

### **3.1. INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo se elabora un esquema didáctico del sistema de enseñanza que se va a utilizar en el parque de fuentes renovables, teniendo en cuenta los distintos sectores que visitaran el mismo.

Primeramente se enuncian algunos conceptos fundamentales de la pedagogía de forma general.

Las categorías esenciales de la pedagogía son la Educación, la Instrucción, la Enseñanza, el Aprendizaje y el Proceso Pedagógico.

La Educación puede definirse brevemente como la dirección del desarrollo, la influencia sobre el desarrollo, el término educación se comprende en sus dos significados: la educación en el sentido amplio (educa la vida) y la educación en el sentido estrecho ( educan los educadores); y se entiende por educadores no solo a los padres, maestros y profesores, sino a todas las personas dedicadas a las actividades educacionales que realizan un trabajo pedagógico con los estudiantes, los trabajadores políticos, etc.

La política educacional cubana tiene como uno de sus principales objetivos fomentar en las presentes y futuras generaciones el desarrollo de una cultura ambiental que contribuya de forma sólida a la conservación y mejoramiento del medio ambiente.

La Educación como proceso de enseñanza- aprendizaje responde a la política educacional del país, a partir de la cual se establecen las indicaciones para seleccionar y organizar los contenidos de la enseñanza y el aprendizaje expresados como objetivos generales de dicha política y en la que se distinguen leyes, principios, categorías y componentes del proceso.

La educación en el campo de las ciencias es el desarrollo mental e intelectual ininterrumpido de los educandos durante el proceso de aprendizaje, durante la asimilación, apropiación activa y consciente de los conocimientos sobre los fundamentos de las ciencias y su aplicación práctica.

Se entiende por enseñanza, en el sentido estrecho de la palabra la acción de enseñar (la dirección de los estudios), en su sentido amplio la enseñanza es un proceso bilateral; incluye la asimilación del material de estudio, es decir, la actividad del alumno (aprender) y la dirección de este proceso, es decir, la actividad del maestro (enseñar).

El proceso de la enseñanza está condicionado por el fin de la educación y se caracteriza por la interacción de los siguientes componentes:

- El contenido de la enseñanza, o sea de la disciplina docente en la cual están sistematizados los conocimientos de las ciencias, para que sean asimilados por los alumnos de un determinado grado.
- La enseñanza, es decir, la actividad del maestro, que consiste en crear los motivos de estudio en los alumnos.
- El estudio, es decir, la actividad multilateral de los educandos, que incluye actividades físicas y mentales.
- Los medios materiales de aprendizaje.
- Los aspectos psicológicos y sociológicos de los educandos.

Por instrucción entendemos el proceso y el resultado de la asimilación de los conocimientos sistematizados y los medios de la actividad cognoscitiva.

Por Aprender se entiende el proceso dialéctico de cambio a través del cual cada persona se apropia de la cultura socialmente construida y tiene una naturaleza multiforme.

El proceso pedagógico es la actividad de los pedagogos y los educandos, de los que enseñan y de los que aprenden.

En este proceso pedagógico de enseñanza- aprendizaje es muy importante la concepción de una estrategia didáctica donde se tenga en cuenta varios factores dentro de los cuales resaltan los métodos, las técnicas y sobre todo el nivel de los distintos sectores a los cuales va dirigido el proceso de enseñanza.

El diseño del Parque de Fuentes Renovables de Energía surge por la necesidad de incentivar el uso de las energías limpias y su uso fundamental es educativo, por eso es necesario implementar estrategias didácticas para los distintos sectores que van a aprender en el parque.

### **3.2. FUNDAMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS.**

**Estrategia didáctica.**: El significado original del término estrategia se ubica en el contexto militar. Entre los griegos, la estrategia era la actividad del estratega, es decir, del general del ejército. El estratega proyectaba, ordenaba y orientaba las operaciones militares y se esperaba que lo hiciese con la habilidad suficiente como para llevar a sus tropas a cumplir sus objetivos.

Una estrategia es, en un sentido estricto, un procedimiento organizado, formalizado y orientado a la obtención de una meta claramente establecida. Su aplicación en la práctica diaria requiere del perfeccionamiento de procedimientos y de técnicas cuya elección detallada y diseño son responsabilidad del docente.

La estrategia es, por lo tanto, un sistema de planificación aplicable a un conjunto articulado de acciones para llegar a una meta.

**Método de enseñanza.** El término método se utiliza para designar aquellos procesos ordenados de acciones que se fundamentan en alguna área del conocimiento.

Método significa camino para llegar a un lugar determinado. Por lo tanto, el método indica el camino y la técnica cómo recorrerlo. Se puede decir que con base en un método se parte de una determinada postura para razonar y decidir el camino concreto que habrá de seguirse para llegar a una meta propuesta. Los pasos que se dan en el camino elegido no son en ningún modo arbitrarios, sino que han pasado por un proceso de razonamiento y se sostienen en un orden lógico fundamentado.

En estrecha relación con los métodos de enseñanza se encuentran los medios de enseñanza, que facilitan el proceso a través de objetos reales, ya que constituyen el apoyo material para la apropiación del conocimiento y complementan el método para la materialización de los objetivos.

**Técnica de enseñanza:** Finalmente, con relación al concepto de técnica, ésta es considerada como un procedimiento didáctico que se presta a ayudar a realizar una parte del aprendizaje que se persigue con la estrategia. Mientras que la estrategia abarca aspectos más generales del curso o de un proceso de formación completo, la técnica se enfoca a la orientación del aprendizaje en

áreas delimitadas del curso. Dicho de otra manera, la técnica didáctica es el recurso particular de que se vale el docente para llevar a efecto los propósitos planeados desde la estrategia.

Las técnicas son, en general, procedimientos que buscan obtener eficazmente, a través de una secuencia determinada de pasos o comportamientos, uno o varios productos precisos. Las técnicas determinan de manera ordenada la forma de llevar a cabo un proceso, sus pasos definen claramente cómo ha de ser guiado el curso de las acciones para conseguir los objetivos propuestos. Aplicando ese enfoque al ámbito educativo, diremos que una técnica didáctica es el procedimiento lógico y con fundamento psicológico destinado a orientar el aprendizaje del alumno.

Dado que la didáctica contempla tanto las estrategias de enseñanza como de aprendizaje, vamos aclarar la definición para cada caso.

#### **Estrategias de Aprendizaje.**

- Estrategias para aprender, recordar y usar la información. Consiste en un procedimiento o conjunto de pasos o habilidades que un estudiante adquiere y emplea de forma intencional como instrumento flexible para aprender significativamente y solucionar problemas y demandas académicas.
- La responsabilidad recae sobre el estudiante (comprensión de textos académicos, composición de textos, solución de problemas, etc.)
- Los estudiantes pasan por procesos como reconocer el nuevo conocimiento, revisar sus conceptos previos sobre el mismo, organizar y restaurar ese conocimiento previo, ensamblarlo con el nuevo y asimilarlo e interpretar todo lo que ha ocurrido con su saber sobre el tema.

#### **Estrategias de Enseñanza**

- Son todas aquellas ayudas planteadas por el docente que se proporcionan al estudiante para facilitar un procesamiento más profundo de la información. A saber, todos aquellos procedimientos o recursos utilizados por quien enseña para promover aprendizajes significativos.
- El énfasis se encuentra en el diseño, programación, elaboración y realización de los contenidos a aprender por vía verbal o escrita.

- Las estrategias de enseñanza deben ser diseñadas de tal manera que estimulen a los estudiantes a observar, analizar, opinar, formular hipótesis, buscar soluciones y descubrir el conocimiento por sí mismos.
- Organizar las clases como ambientes para que los estudiantes aprendan a aprender.

Algunas de las estrategias de enseñanza que el docente puede emplear con la intención de facilitar el aprendizaje significativo de los estudiantes son:

- **Objetivos o propósitos de aprendizaje:** Enunciado que establece condiciones, tipo de actividad y forma de evaluación del aprendizaje del estudiante.
- **Generación de expectativas apropiadas en los estudiantes.**
- **Resumen:** Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatiza conceptos claves, principios, términos y argumento central.
- **Organizador previo:** Información de tipo introductoria y contextual. Tiende un puente cognitivo entre la información nueva y la previa.
- **Ilustraciones:** Representación visual de los conceptos, objetos o situaciones de una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, esquemas, gráficas, dramatizaciones, videos, etc.)
- **Analogías:** Proposición que indica que una cosa o evento (concreto y familiar) es semejante a otro (desconocido y abstracto o complejo). También existen otras figuras retóricas que pueden servir como estrategia para acercar los conceptos.
- **Preguntas intercaladas:** Preguntas insertadas en la situación de enseñanza o en un texto. Mantienen la atención y favorecen la práctica, la retención y la obtención de información relevante.
- **Pistas tipográficas y discursivas:** Señalamientos que se hacen en un texto o en la situación de enseñanza para enfatizar y/u organizar elementos relevantes del contenido por aprender.
- **Mapas conceptuales y redes semánticas:** Representación gráfica de esquemas de conocimiento (indican conceptos, proposiciones y explicaciones).

- Uso de estructuras textuales: Organizaciones retóricas de un discurso oral o escrito, que influyen en su comprensión y recuerdo.

Aprender de una manera estratégica implica que el estudiante:

- Controle sus procesos de aprendizaje.
- Se dé cuenta de lo que hace.
- Capte las exigencias de la tarea y responda consecuentemente.
- Planifique y examine sus propias realizaciones, pudiendo identificar aciertos y dificultades.
- Emplee estrategias de estudios pertinentes para cada situación.
- Valore los logros obtenidos y corrija sus errores

Así pues, en lo que respecta a las estrategias de aprendizaje en términos generales, una gran parte de las definiciones coinciden en los siguientes puntos:

- Son procedimientos.
- Pueden incluir varias técnicas, operaciones o actividades específicas.
- Persiguen un propósito determinado: el aprendizaje y la solución de problemas académicos y/o aquellos otros aspectos vinculados con ellos.
- Son más que los "hábitos de estudio" porque se realizan flexiblemente.
- Pueden ser abiertas (públicas) o reservadas (privadas).
- Son instrumentos socioculturales aprendidos en contextos de interacción con alguien que sabe más.

La ejecución de las estrategias de aprendizaje ocurre en asocio con otros tipos de recursos y procesos cognitivos de que dispone cualquier estudiante. Diversos autores concuerdan con la necesidad de distinguir entre varios tipos de conocimiento que poseemos y utilizamos durante el aprendizaje:

- **Procesos cognitivos básicos:** Se refieren a todas aquellas operaciones y procesos involucrados en el procesamiento de la información como atención, percepción, codificación, almacenamiento y recuperación, etc.
- **Base de conocimientos:** Se refiere al bagaje de hechos, conceptos y principios que poseemos, el cual está organizado en forma de un

reticulado jerárquico (constituido por esquemas) llamado también "conocimientos previos".

- **Conocimiento estratégico:** Este tipo de conocimiento tiene que ver directamente con lo que hemos llamado aquí estrategias de aprendizaje.
- **Conocimiento meta cognitivo:** se refiere al conocimiento que poseemos sobre qué y cómo lo sabemos, así como al conocimiento que tenemos sobre nuestros procesos y operaciones cognitivas cuando aprendemos, recordamos o solucionamos problemas.

Los sectores que van a recibir una enseñanza en el parque de Fuentes Renovables son los estudiantes de la Maestría en Eficiencia Energética y los estudiantes Universitarios de la carrera de Mecánica, por lo que las estrategias didácticas van a estar dirigidas a dichos sectores.

### **3.3- DIFERENTES FORMAS DE APRENDIZAJE A TRAVES DEL PARQUE TECNOLÓGICO.**

Como ya conocemos las estrategias de aprendizaje están condicionadas por diferentes componentes entre los que se destacan el contenido de la enseñanza y los aspectos personal lógicos y psicológicos de los educandos.

Atendiendo a lo expresado anteriormente vamos a definir una estrategia de aprendizaje para cada tipo de estrato de la población que va a recibir algún tipo de enseñanza en el parque tecnológico.

Las estrategias de aprendizaje van a estar dirigidas a los siguientes sectores de la población:

- Estudiantes de la Maestría de Eficiencia Energética.
- Estudiantes Universitarios de la Carrera de Mecánica.

Las Estrategias de Aprendizaje en función de los resultados que se pretendan obtener de los maestrantes y educandos pueden ser:

#### **Estrategias Motivacionales:**

Son aquellas que están dirigidas a que el estudiante desarrolle un estado interno apropiado que le permita establecer metas, son actividades que le

sirven al estudiante para crear y mantener un ambiente adecuado para el estudio, además le permite concentrarse y desarrollar estrategias de auto control y de evaluación de su trabajo. Las estrategias Motivacionales son muy importantes ya que ayudan al estudiante a desarrollar y mantener un estado anímico que le permita cumplir con éxito las metas establecidas. Las estrategias Motivacionales se inician con aprender a influir en el comportamiento de las personas.

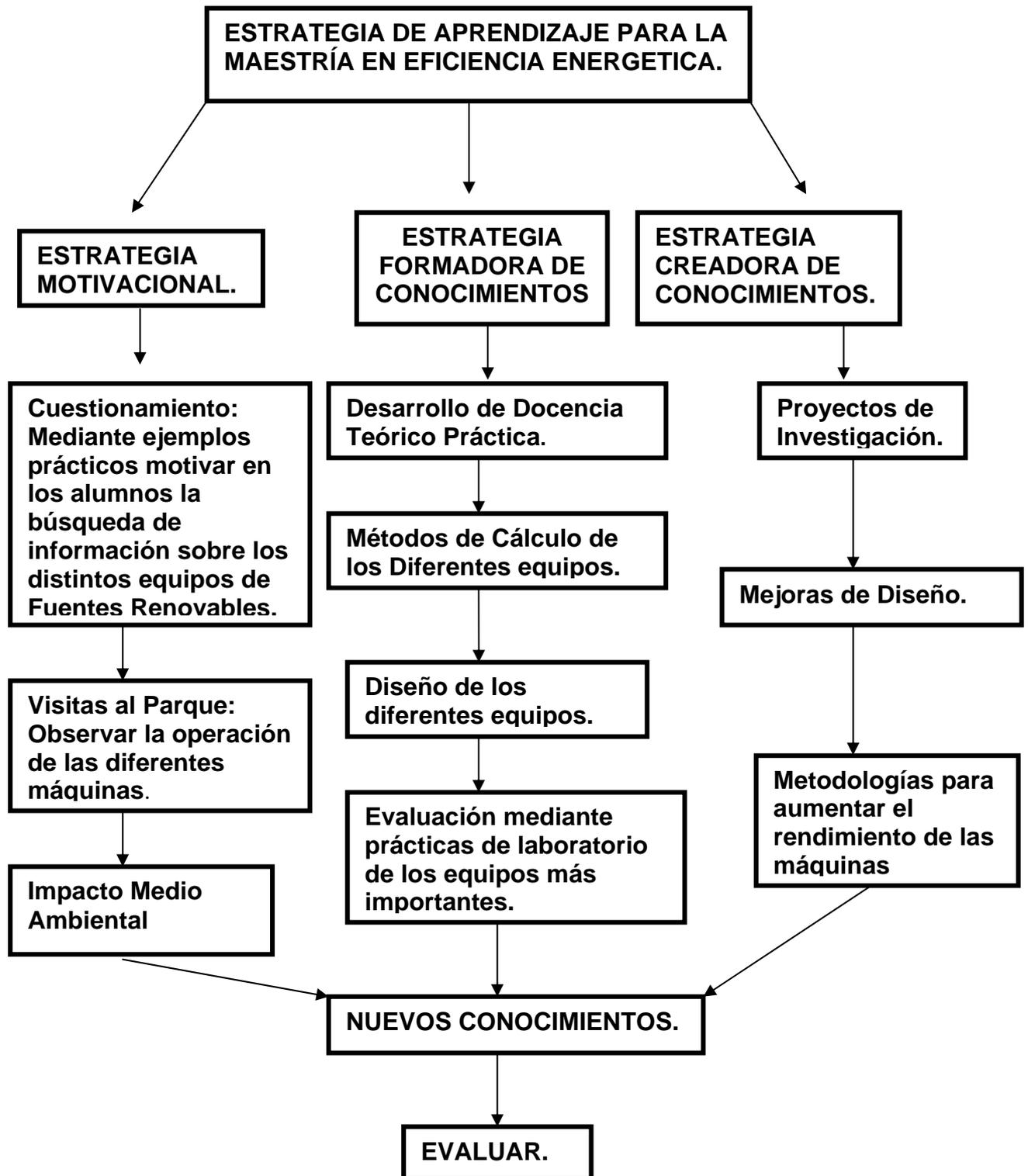
**Estrategias Formadoras de Conocimientos:**

Son aquellas donde mediante actividades docentes se el trasmite a los alumnos conocimientos generales y específicos con el objetivo de formarles un conocimiento interno que les sirva para darle solución a los problemas planteados.

**Estrategias Creadoras de Conocimientos:**

Son aquellas donde a partir de un conocimiento ya adquirido por los alumnos, estos mediante diseños, proyectos constructivos, investigaciones científicas, etc., crearan un conocimiento adicional al recibido.

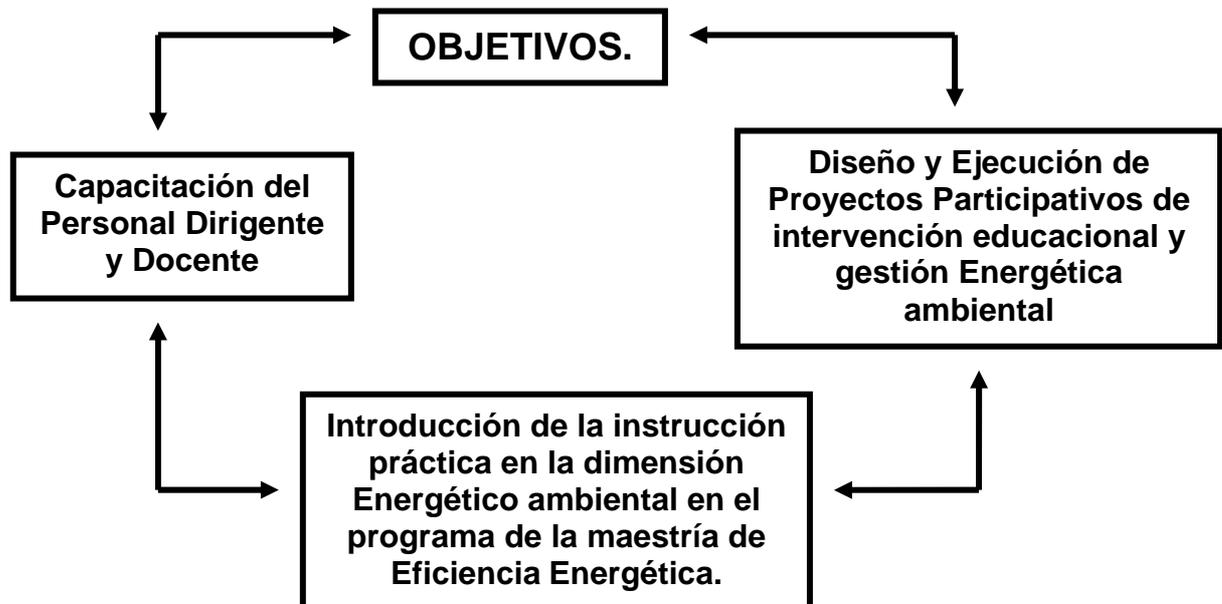
**3.3.1- ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE PARA LA MAESTRÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.**



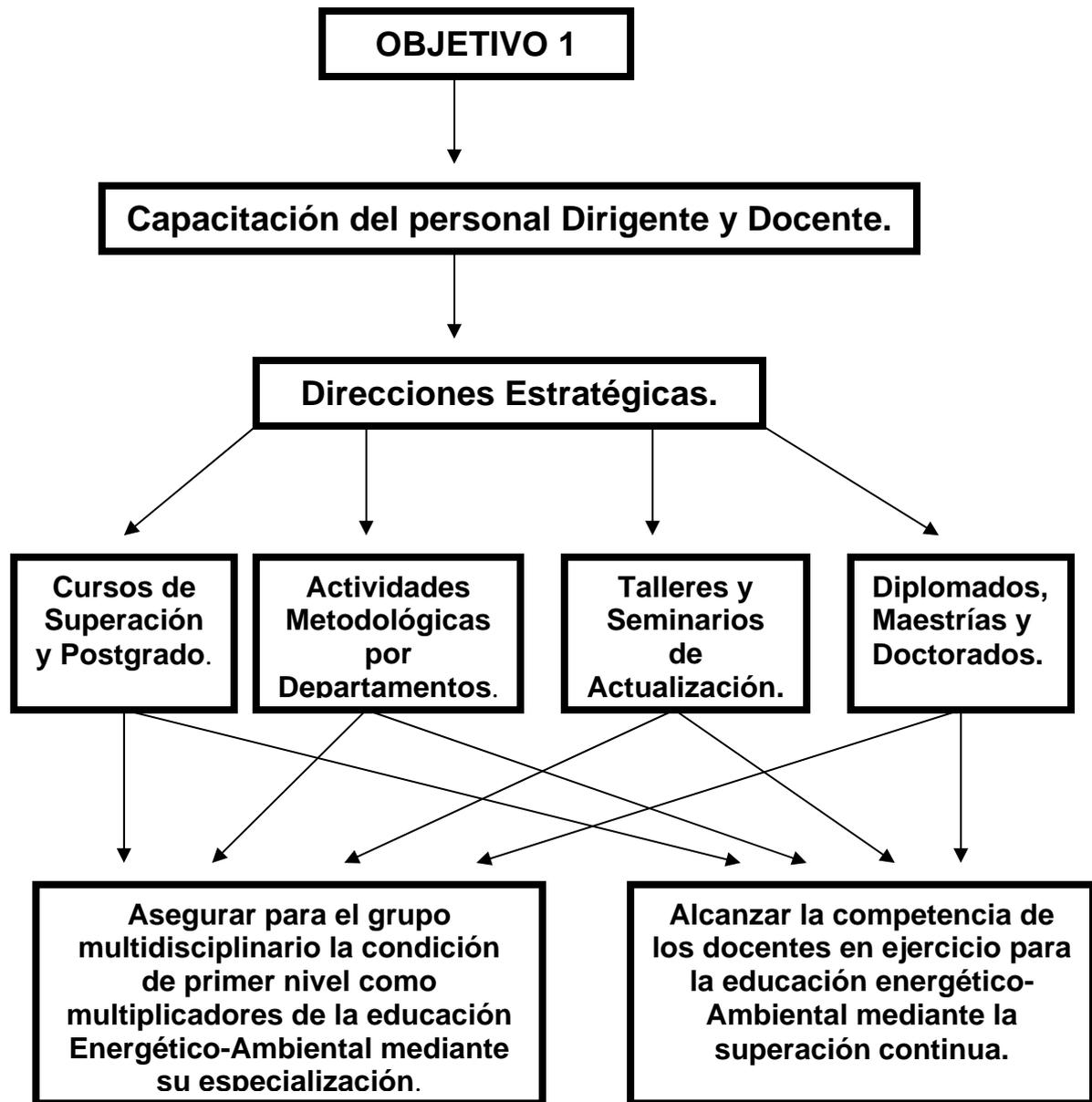
Por el rigor científico e investigativo que se le exige a este sector se concibe utilizar los tres tipos de Estrategia ( motivacional, formadora de conocimientos y creadora de conocimientos), primeramente se motivará a los maestrantes mediante visitas al parque de fuentes renovables donde se les impartirá una

explicación general de la instalación, verán los distintos equipos trabajando y se les explicará la gran importancia que tiene para la conservación del medio ambiente el uso de las fuentes renovables de energía; en segundo lugar mediante actividades docentes se les transmitirá a los maestrantes un conocimiento general de cada una de las energías renovables, es decir en el transcurso de la maestría los maestrantes van a recibir una asignatura Teórico –Práctica de Fuentes Renovables de Energía donde se le impartirá un conocimiento profundo de cada una de las energías renovables, incluyendo cálculos de diseño de los diferentes equipos utilizados en el parque; En tercer lugar los maestrantes mediante Diseños, Proyectos Constructivos, Investigaciones Científicas, etc., crearan un conocimiento adicional al recibido.

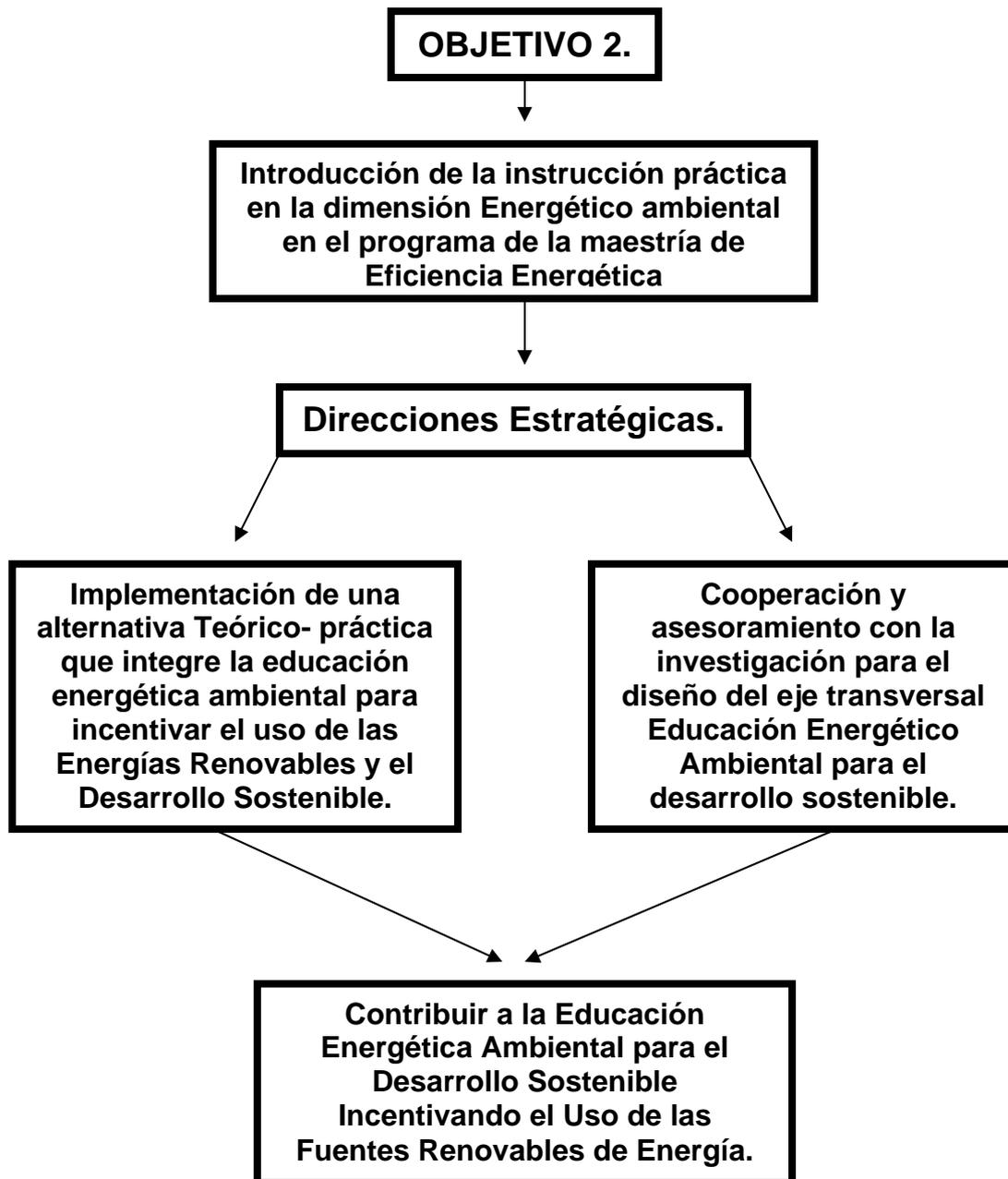
**Objetivos Estratégicos.**



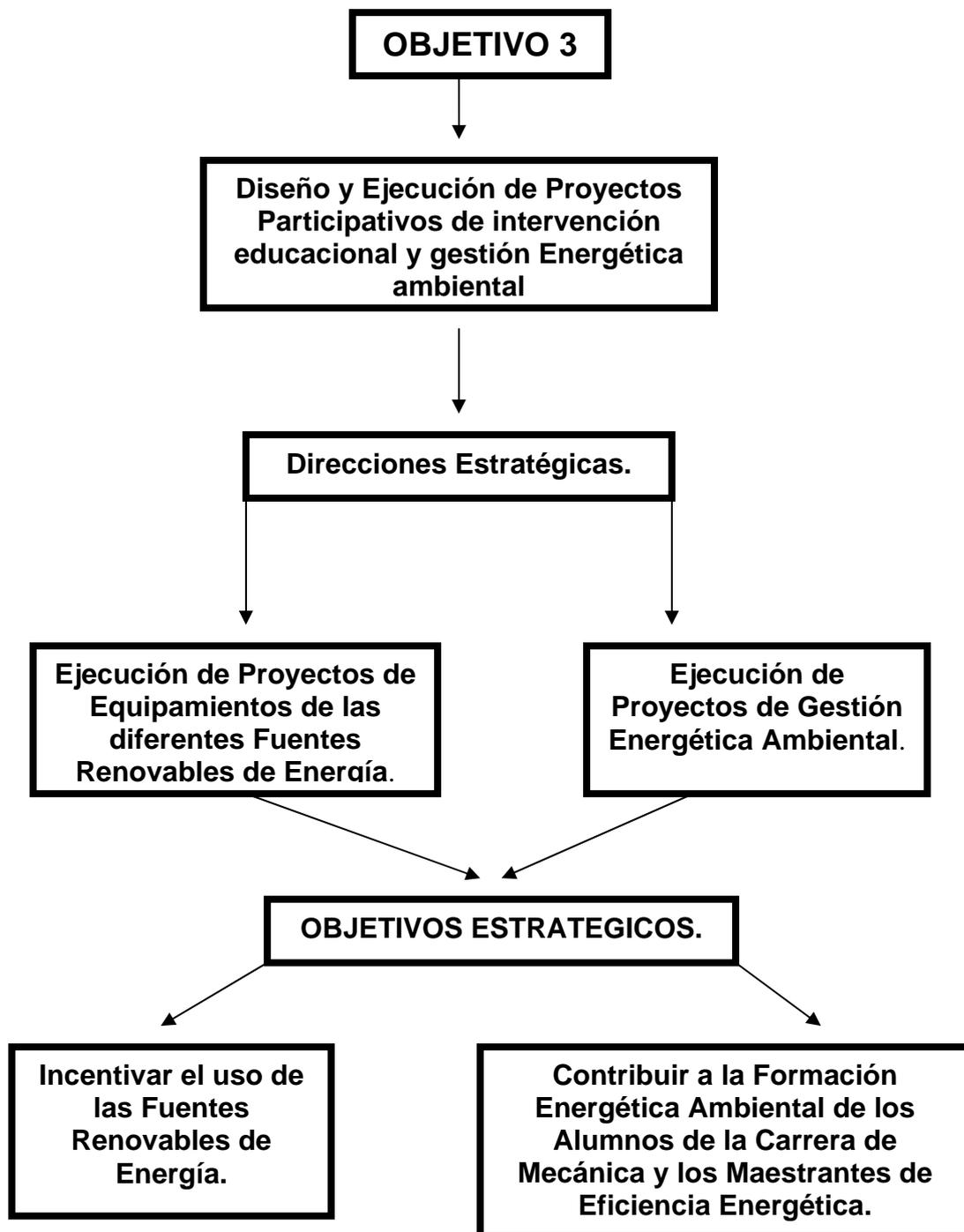
PROPUESTA DE COMPONENTES DEL OBJETIVO 1.



PROPUESTA DE COMPONENTES DEL OBJETIVO 2.



PROPUESTA DE COMPONENTES DEL OBJETIVO 3.



En la actualidad en la maestría se imparte la asignatura de fuentes renovables la cual tiene el siguiente programa:

### **Fuentes Renovables.**

**Tiempo total: 36 horas.**

**Total de créditos: 3**

**Objetivos Generales:**

Que el pasante sea capaz de:

1. Conocer la panorámica mundial del uso de las fuentes renovables y sus perspectivas.
2. Conocer distintos tipos, elementos y parámetros que caracterizan las formas de energías renovables nacionales.
3. Conocer los principales problemas en el uso de cada forma de energía renovable nacional.
4. Determinar la potencialidad de cada recurso energético.
5. Conocer como seleccionar la tecnología de conversión del recurso más idónea para un caso en estudio.

**Sistema de contenidos:**

**Tema 1: Introducción**

Participación de las fuentes renovables de energía en el balance mundial, por áreas geográficas y en Cuba, Perspectivas a corto y largo plazo. Situación en Cuba

Antecedentes del uso de las energías renovables. Clasificación.

Indicadores de desarrollo sostenible. Los problemas de la energía de los países en desarrollo. Relación entre política energética y política ambiental.

**Tema 2: Energía Solar Fotovoltaica.**

La energía solar, características del Sol y su radiación. Componentes directa, difusa y global de la radiación,. Influencia de la latitud, inclinación y nubosidad. Calculo del potencial solar. Tecnologías para su uso. Sistemas conectados a la red. Sistemas autónomos. Sistemas híbridos. Sistemas Integrales de Energías Renovables. Criterios básicos para el dimensionado o diseño de sistemas.

**Tema 3: Energía Solar Térmica.**

Introducción a la Conversión de Energía Solar. Limitaciones de la Energía Solar. Métodos de colección solar y conversión térmica. Propiedades radiactivas y características de los materiales. Tipos de colectores solares y

características. Aplicaciones Fundamentales. Almacenamiento y Transporte de Energía Térmica. Sistemas de Calentamiento Solar. Cálculo de las cargas de calefacción y agua caliente en edificaciones. Sistemas de calentamiento solar. Métodos de Modelación y Diseño de sistemas de calentamiento solar.

#### Tema 4: Energía Eólica.

Desarrollo de la energía eólica. Máquinas eólicas de eje horizontal y vertical. Concepto de meteorología. Caracterización de los recursos eólicos. Modelos de evaluación del potencial eólico. Tratamiento de los datos del viento. Estimación de la producción energética. Generadores de velocidad constante y variable. Sistemas eléctricos de control. Sistemas aislados de la red eléctrica.

#### Tema 5: Biomasa.

Origen de la Biomasa: La Fotosíntesis. Eficacia del proceso fotosintético. La Biomasa y sus formas. Ventajas e inconvenientes de la utilización de la biomasa. Los Residuos como problema. Tratamiento de los Residuos. Tipos de Residuos: Agrarios, Industriales, Urbanos. Balance de Energía en Cultivos Energéticos. Selección de cultivos y efectos ambientales. Estado actual del desarrollo de la agroenergética en el mundo. Consideraciones finales. Generalidades.. Procesos de extracción. Procesos termoquímicos (Combustión, Gasificación, Pirolisis). Procesos bioquímicos (Digestión anaerobia, Fermentación). Tecnologías. Biocombustibles. Estudios de Impacto Ambiental.

#### Tema 6: Energía hidráulica.

Energía potencial acumulada. Potencia, carga y caudal. Capacidad mundial y nacional actual. El primer elemento motriz. Tipos de ruedas hidráulicas. Estimación de la potencia. Acción de la turbina. Optimización de la eficiencia. Límites de la turbina Francis. Propelas. Turbinas de impulso. Ruedas Pelton. Turbinas de flujo cruzado. Velocidad específica y rangos de aplicación. Hidroeléctricas de pequeña escala. Diseño de una instalación hidráulica. Bombas como sustitutos de turbinas. Consideraciones medioambientales. Pequeñas hidroeléctricas. Arietes y bombas pequeñas para corrientes de ríos. Bombeo fotovoltaico. Bombas de DC y AC.

#### **Plan Temático:**

Temas:	Contenido:	Horas
1	Introducción	4
2	Energía Solar Fotovoltaica	6
3	Energía Solar Térmica	6
4	Energía Eólica	6
5	Biomasa	8
6	Energía hidráulica	6
Total		36

### **Sistema de habilidades:**

Los pasantes serán capaces de:

- Aplicar los métodos para determinar la potencialidad de cada recurso
- Seleccionar y dimensionar los sistemas de conversión.

Aplicar programas de computación para realizar análisis de factibilidad de sistemas de energías.

### **Insuficiencias del Programa Actual.**

- En el plan temático no están concebidos todos los tipos de fuentes renovables.
- La impartición de la asignatura tiene un basamento estrictamente teórico.
- No se adquieren conocimientos prácticos de operación y mantenimiento de los diferentes equipos de fuentes renovables.
- No se imparten prácticas de laboratorio en el transcurso de la asignatura porque no existe el equipamiento para realizarlo.

### **Propuesta de Cambios al Programa Actual.**

- Incluir en el plan temático todos los tipos de fuentes renovables.
- Que la impartición de la asignatura tenga un basamento teórico práctico.
- Mediante la utilización del parque de fuentes renovables transmitirles a los maestrantes conocimientos de operación de los diferentes equipos de fuentes renovables.

- Impartir prácticas de laboratorio en el transcurso de la asignatura donde los maestrantes recibirán un conocimiento teórico-práctico de la operación de los diferentes equipos de fuentes renovables.
- Incrementar el tiempo de auto preparación de los maestrantes.

### **Prácticas de Laboratorio para la Maestría de Eficiencia energética.**

#### • Propuesta de Prácticas:

##### 1. Evaluación de un ariete hidráulico.

Consiste en determinar el rendimiento del ariete como bomba para lo cual es necesario calcular el flujo de alimentación, el flujo de entrega y el flujo derramado por la válvula de ímpetu.

Análisis del transiente hidráulico: Incremento teórico y real de presión motivado por el golpe de ariete.

##### 2. Evaluación de una turbina Pelton.

Se determina la potencia disponible a la entrada de la maquina, la potencia de salida, la velocidad de rotación y el rendimiento para diferentes valores de caudal.

##### 2-a. Evaluación del motor hidráulico. Comparación con turbina Pelton

##### 3. Evaluación de un Biogás.

Análisis del comportamiento de un Biodigestor de Biogás de Cúpula Fija con auto compensación, Arranque y Operación. Cálculo del tiempo de retención de la Mezcla.

##### 4. Evaluación de una Aerobomba.

Determinación de los parámetros de trabajo del equipo y cálculo de la eficiencia de la aerobomba.

### **3.3.2-ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE PARA LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.**

En este sector se define aplicar dos tipos de Estrategia de Aprendizaje (motivacional y formadora de conocimientos), inicialmente con el objetivo de que estos educandos se incentiven en el conocimiento sobre los distintos tipos de fuentes renovables se les planificarán visitas al parque de fuentes renovables en los primeros años de la carrera donde se les explicara el funcionamiento de todos los equipos de forma general y se les dará a conocer el impacto medio ambiental del uso de las fuentes renovables.



En el quinto año de la carrera donde ya los educandos poseen un conocimiento básico que les permite el entendimiento de los materiales sobre las fuentes renovables y la posibilidad de realizar los cálculos necesarios para el diseño de los distintos equipos deben recibir una asignatura con el Título de Fuentes Renovables de Energía, en esta asignatura recibirán los conocimientos básicos sobre las energías renovables, los cálculos del diseño de los equipos más importantes y la utilización de las FRE en Cuba y en el Mundo, además mediante prácticas de laboratorio recibirán un conocimiento teórico-práctico sobre los distintos equipos de fuentes renovables.

Propuesta de la Asignatura de Fuentes Renovables en la Carrera de Mecánica.

Nombre: **Fuentes Renovables de Energía.**

Carrera: **Ingeniería Mecánica.**

Ubicación en el plan de estudio: **Quinto año.**

Forma organizativa: **Clases y Prácticas de Laboratorio.**

Total de horas: **Fuentes Renovables de Energía-36 horas.**

### **Objetivos Generales de la Asignatura.**

- Conocer la panorámica mundial y nacional del uso de las fuentes renovables y sus perspectivas.
- Conocer los distintos tipos de fuentes renovables de energía, así como los elementos y parámetros que los caracterizan.
- Conocer los principales equipos que se utilizan para aprovechar las diferentes formas de energías renovables, así como sus cálculos operacionales y de diseño.
- Desarrollar mediante las prácticas de laboratorio el conocimiento sobre la operación de los diferentes equipos de FRE.
- Determinar la potencialidad de cada recurso energético.
- Conocer como seleccionar el equipo mas idóneo para convertir el recurso energético en una situación específica.
- Conocer el impacto medio ambiental del uso de las FRE.
- Desarrollar la independencia y la confianza en sí mismo a través de la solución de problemas técnicos relacionados con las distintas FRE.

### **Sistema de Habilidades de la Asignatura.**

- Conocer las características operacionales de cada uno de los equipos de energías renovables.
- Analizar y calcular el trabajo operacional de los diferentes equipos de FRE.

### **Sistema de Valores de la Disciplina.**

La asignatura contribuye mediante su sistema de trabajo al incremento del uso de las FRE ya que con los conocimientos adquiridos en esta asignatura los futuros profesionales tendrán las herramientas necesarias para divulgar, incentivar y utilizar las distintas FRE.

### **Indicaciones Metodológicas y de Organización de la Disciplina.**

Con el fin de facilitar la impartición de los contenidos de esta asignatura en cada uno de los CES y la obtención de los objetivos planteados para la misma, a continuación se brindan a manera de proposición, las siguientes indicaciones metodológicas y organizativas:

a) Organizar la asignatura en clases teóricas y prácticas de laboratorio.

### **Clases Teóricas:**

- Tema 1: Introducción.
- Tema 2: Energía Solar Fotovoltaica.
- Tema 3: Energía Solar Térmica.
- Tema 4: Energía Eólica. Cálculos del Diseño de los molinos de viento y de los aerogeneradores.
- Tema 5: Biomasa, Biomasa Cañera, Biodigestores de Biogás, Biocombustibles.
- Tema 6: Energía hidráulica. Cálculo de los distintos tipos de turbinas hidráulicas, de los arietes hidráulicos y de los motores hidráulicos de pistón.
- Tema 7: Energía mareomotriz.
- Tema 8: Energía Geotérmica.

### **Prácticas de Laboratorio.**

Especialidad: Ingeniero Mecánico para la Tecnología Energética.

#### **• Propuesta de Prácticas:**

1. Evaluación de un ariete hidráulico.

Consiste en determinar el rendimiento del ariete como bomba para lo cual es necesario calcular el flujo de alimentación, el flujo de entrega y el flujo derramado por la válvula de ímpetu.

2. Evaluación de una turbina Pelton.

Se determina la potencia disponible a la entrada de la maquina, la potencia de salida, la velocidad de rotación y el rendimiento para diferentes valores de caudal.

3. Evaluación de un Biogás.

Análisis del comportamiento de un Biodigestor de Biogás de Cúpula Fija con auto compensación, Arranque y Operación. Cálculo del tiempo de retención de la Mezcla.

4. Evaluación de una Aerobomba.

Determinación de los parámetros de trabajo del equipo y cálculo de la eficiencia de la aerobomba.

## **CONCLUSIONES PARCIALES.**

- El Parque de Fuentes Renovables va a tener un uso fundamentalmente Educativo.
- En el esquema Didáctico diseñado para el aprendizaje en el Parque se utilizan diferentes estrategias pedagógicas en función de los objetivos que se persiguen alcanzar (Motivacionales, formadoras de conocimientos y creadoras de conocimientos) con el objetivo de instruir a los educandos y maestrantes en el uso, mantenimiento y explotación de las diferentes Fuentes Renovables de Energía.

## CONCLUSIONES

- 1- Tomando como base este proyecto se han construido dos equipos (Ariete Hidráulico y Turbina Pelton) y ya el área donde se enmarca el Parque de Energía Renovable constituye un centro de interés en la formación de Pre- Grado y Post- Grado.
- 2- A partir de la Estrategia Didáctica trazada y utilizando los equipos construidos se han realizado actividades de motivación y de formación de conocimientos con estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica.
- 3- El trabajo ejecutado ofrece una gran información para el estudio de asignaturas relacionadas con las Energías Renovables tanto en pre-grado como post- grado (Maestría en Eficiencia Energética).
- 4- La Estrategia Didáctica está concebida para dos sectores pero puede modificarse para otros tipos de enseñanza.
- 5- Cuenta la Comunidad de Cienfuegos con un Centro que permite incentivar y educar a varios sectores sobre el uso de las Fuentes Renovables de Energía.

## **RECOMENDACIONES**

- 1- Continuar hasta su culminación del Parque de Fuentes Renovables de Energía.
- 2- Extender la Estrategia Didáctica para otros tipos de Enseñanzas.
- 3- Poner a disposición de los estudiantes este documento para la obtención de información sobre las Fuentes Renovables de Energía.

### **Bibliografía**

Cano, José María. Refrigeración por absorción. Tomado De: <http://www.energia.com>, mayo de 2007.

El Aprendizaje Colaborativo. Tomado De: <http://www.knowledgemanager.it>, abril 2007.

Energía Eólica. Tomado De: <http://www.orquinstal.com.ar>, marzo 2007.

Energía Solar Fotovoltaica. Tomado De: <http://www.cecuc.es>, febrero 2007.

Energías Renovables. Tomado De: [http://www.energias\\_renovables.com](http://www.energias_renovables.com), mayo 2007.

Evaluación de un Digestor de Biogás. Tomado De: <http://www.cipav.org.co>, febrero 2007.

Fernández, P. Energía de las olas / P. Fernández.-- Segunda edición.-- [s.l.]: Universidad de Cantabria, 2001.-- 350 p.

Franzini, Joseph B. Mecánica de Fluidos con aplicaciones en Ingeniería / Joseph B. Franzini, E. J. Finnemore.-- Madrid: McGraw -Hill, 1999.-- 470 p.

Holst, T.C. R. Anaerobic fluidized beds: ten years of industrial experience / T. C. Holst, A. Truc.-- [s.l.]: Wat. Sci. Tech, 1997. -- 520 p.

Les Gurieres., Desire. Energía Eólica, Teoría, concepción.. / Desire Les Gurieles.-- España: Editorial Masson, 1980. – 430 p.

Mott, Robert L. Applied Fluid Mechanics / Robert L. Mott.-- New Jersey: [s.n.], 2000. – 597 p.

Nekrasov, B. Hidráulica / B. Nekrasov.-- Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1979. – 435 p.

Parámetros de Calentadores solares construidos en Cuba. Tomado De: <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/Articulos%20de%20energia%20renovable/93.pdf>, junio de 2007.

Posso, F. *Energía y Ambiente: Pasado, Presente y Futuro*/ F. Posso – Venezuela:Táchira, 2000 –228 p.

Potter, Merle C. *Mecánica de Fluidos* / Merle C. Potter, David C Wiggert.-- Bogotá: Prentice Hall, 1998. --626 p.

Producción de electricidad con energía eólica. Tomado De: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia32/HTML/articulo03.htm>, Junio de 2007.

Refrigeración por absorción. Tomado De: <http://es.wikipedia.org>, marzo de 2007.

Rubio Sanjuán, I. *Elementos de Hidráulica General y Aplicada con Motores Hidráulicos* / I. Rubio Sanjuán.-- Barcelona: Editorial Labor S.A., 1949. – 340 p.

Técnicas Didácticas. Tomado De: <http://www.itesm.mx>, abril 2007.

Tecnología de funcionamiento de los molinos de vientos. Tomado De: [http://www.energia.inf.cu/cita/MarcoP\\_Tecno.htm](http://www.energia.inf.cu/cita/MarcoP_Tecno.htm), Mayo de 2007.

Tecnología de funcionamiento del Ariete Hidráulico. Tomado De: [http://www.energia.inf.cu/cita/MarcoP\\_Tecno.htm](http://www.energia.inf.cu/cita/MarcoP_Tecno.htm), mayo de 2007.

Tipos de Aprendizaje. Tomado De: <http://www.extensiones.edu.Aytolacorma.es>, abril 2007.

### **Referencia Bibliográfica**

1. Energía Eólica. Tomado De: <http://www.orquinstal.com.ar>, marzo 2007.
2. Energía Solar Fotovoltaica. Tomado De: <http://www.cecucuba.es>, febrero 2007.
3. Evaluación de un Digestor de Biogás. Tomado De: <http://www.cipav.org.co>, febrero 2007.
4. Nekrasov, B. Hidráulica / B. Nekreasov.-- Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1979. – p.215
5. Posso, F. Energía y Ambiente: Pasado, Presente y Futuro/ F. Posso – Venezuela: Táchira, 2000 – p.207