

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Estudios Electroenergéticos



**UNIVERSIDAD CENTRAL
"MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Energías renovables. Metodología de cálculo para
sistemas solares autónomos.**

Autor: Yaimee Martínez Gómez

Tutores: M.Sc. Rodolfo Arias García

Ing. Abel Lino De la Rivera

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Estudios Electroenergéticos



**UNIVERSIDAD CENTRAL
"MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Energías renovables. Metodología de cálculo para
sistemas solares autónomos.**

Autor: Yaimee Martínez Gómez

Email: ymgomez@uclv.edu.cu

Tutores: M.Sc. Rodolfo Arias García

Email: rodolfoag@vc.copextel.com.cu

Ing. Abel Lino De la Rivera

Email: abel@vc.copextel.com.cu

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Eléctrica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

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

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

*“No es posible resolver un problema utilizando las mismas medidas que provocaron
aquel problema.”*

Albert Einstein

DEDICATORIA

A mi mamá, mi papá, y mis hermanos Yaimii y Huberto, por todo el cariño y el amor que me han brindado.

A mis tíos Naida y Alfredo y mis primas Maricel y Susana por su constante apoyo y cariño.

A mis abuelos Adelfa y Roberto por su cariño.

A la memoria de mis abuelos Juana y Rufino.

A todos mis tíos y primos por apoyarme siempre.

A todos mis familiares y amigos, mis mayores deseos de que vean cumplidos todos sus sueños.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis tutores Abelito y Arias, por su asesoramiento, dedicación, por haberme ofrecido todo su conocimiento y experiencia.

A la Universidad, por haberme dado la oportunidad de superarme.

A todos los profesores que han contribuido a mi formación profesional.

A todos mis compañeros y amigos que han sido como mi familia y han hecho que estos cinco años sean los mejores de mi vida.

A todos, muchas gracias.

TAREA TÉCNICA

1. Realizar una revisión bibliográfica para recopilar información sobre las principales características de cada una de las Fuentes Renovables de Energía (FRE), profundizando en la energía solar fotovoltaica.
2. Definir una metodología de cálculo para sistemas solares autónomos.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

El cambio climático es un hecho innegable que trae severas consecuencias y no solo afecta al planeta, también se ven perjudicados el desarrollo y el comercio. Una de las vías más efectivas para detener todo lo que está ocurriendo es la utilización de las energías renovables cuyos beneficios no solo se miden en dinero ahorrado, sino en daños evitados a la ecología y en el ahorro de los recursos naturales. En ocasiones hay desconocimiento sobre el tema y es debido a la falta de cultura y a la poca divulgación que se le da, siendo el objetivo principal de este trabajo la creación de un material de consulta para la introducción a las energías renovables y desarrollar una aplicación computacional para un sistema solar autónomo que nos permita llegar a una homogeneidad en los criterios de diseño y montaje. En primer lugar se hizo un estudio sobre cada una de las fuentes renovables de energías profundizando en la fotovoltaica. Además se definió una metodología de cálculo para los sistemas solares autónomos mediante el programa Matlab. De forma general podemos concluir que los objetivos propuestos se han cumplido cabalmente.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA.....	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1
Organización del informe	2
CAPÍTULO 1. ENERGÍAS RENOVABLES	4
1.1 Energía solar fotovoltaica	6
1.2 Energía solar térmica	6
1.2.1 Cocinas solares	8
1.2.2 Secadores solares	10
1.2.3 Invernaderos.....	11
1.3 Energía eólica	12
1.4 Energía hidráulica	14
1.4.1 Mini hidroeléctrica.....	15
1.4.2 Golpe de ariete	16

1.5	Otros tipos de energías renovables	17
1.5.1	Mareomotriz.....	17
1.5.2	Geotérmica.....	19
1.5.3	Biomasa	21
1.5.3.1	Biogás	23
1.5.3.2	Biodiesel	25
1.5.4	Hidrógeno solar.....	27
CAPÍTULO 2. EL SOL. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA		29
2.1	El sol	29
2.2.1	El sol como fuente de energía. Características del sol.....	29
2.2	Características de la energía solar fotovoltaica.....	30
2.2.1	Módulo o panel fotovoltaico.....	31
2.2.2	Baterías	33
2.2.3	Regulador o controlador de carga.....	35
2.2.3.1	Regulador serie	36
2.2.3.2	Regulador paralelo.....	36
2.2.3.3	Regulador MPPT	36
2.2.4	Inversor	36
2.2.5	Otros elementos en las aplicaciones	38
2.3	Ventajas y desventajas	39
2.3.1	Ventajas	40
2.3.2	Desventajas	41
2.4	Usos	41
2.4.1	Sistemas individuales de corriente directa para aplicaciones domésticas	42

2.4.2	Sistemas individuales de corriente alterna para aplicaciones domésticas	42
2.4.3	Sistemas aislados para usos productivos	44
2.4.4	Sistemas centralizados aislados de la red	44
2.4.5	Sistemas centralizados conectados a la red.....	46
2.5	Autónomos vs. Conectados a red.....	47
2.6	Sistemas híbridos	48
2.6.1	Sistemas híbridos sin conexión a red.....	50
2.6.2	Sistemas híbridos con conexión a red.....	50
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA SISTEMAS AUTÓNOMOS SIN CONEXIÓN A RED		52
3.1	Proyecto fotovoltaico de sistemas aislados.....	53
3.2	Carga eléctrica	54
3.3	Selección del inversor.....	56
3.4	Selección del banco de baterías	57
3.5	Selección del regulador de carga	58
3.6	Selección del arreglo fotovoltaico	59
3.7	Resultados.....	61
3.8	Conclusiones del capítulo	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		64
Conclusiones.....		64
Recomendaciones		65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		66
GLOSARIO DE TÉRMINOS		67
ANEXOS		73
Anexo I	El Sol.....	73

Anexo II	Energía solar térmica	74
Anexo III	Energía eólica	77
Anexo IV	Energía hidráulica	78
Anexo V	Energía geotérmica	79
Anexo VI	Energía de la biomasa	80
Anexo VII	Energía de hidrógeno solar	81
Anexo VIII	Energía solar fotovoltaica	82
Anexo IX	Sistemas híbridos	85
Anexo X	Ejemplos de sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad.....	88

INTRODUCCIÓN

El uso desmedido de los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas, etc.) trajo como consecuencia su agotamiento, por ser recursos no renovables, antes de lo que estaba previsto, sin dejar de mencionar que han ocasionado indescritibles daños a la humanidad. Su combustión provoca emisiones de CO₂, metano y otros gases a la atmósfera que son los causantes del calentamiento global y los cambios climáticos. Ya nadie pone en duda que el calentamiento del planeta es una realidad que trae terribles consecuencias, y que debemos hacer algo para detenerlo. Los científicos pronostican que van a derretirse las capas de hielo y a elevarse el nivel del mar, que va a haber sequías, inundaciones, huracanes, y que todo ello provocará conflictos, hambrunas, enfermedades, que ya hoy estamos viviendo.

Una solución factible para la mitigación de estos problemas pudiera ser el uso de las energías renovables, que favorecen tanto al medio ambiente como al desarrollo social. Sus beneficios no sólo se miden en dinero ahorrado, sino en daños evitados a la ecología y en el ahorro de los recursos naturales.

Históricamente la producción de energía eléctrica en nuestro país ha tenido como soporte principal la utilización de centrales termoeléctricas, que consumen actualmente alrededor del 40% de los combustibles derivados del petróleo, para generar más del 80% de la electricidad total producida en el país. Esta situación implica que la producción de energía eléctrica dependa de la capacidad para la importación de combustibles para lo cual se destina una parte importante de las divisas disponibles. La única alternativa viable para cambiar esta dependencia de los necesarios combustibles importados, es logrando el aprovechamiento de las fuentes renovables y para lograrlo se pueden plantear las siguientes interrogantes:

¿Qué características tienen las energías renovables?

¿Cómo seleccionar los elementos que formarán parte del sistema fotovoltaico?

¿Qué consecuencias perjudiciales para el medio ambiente pudiera tener su utilización?

¿Qué experiencias existen en Cuba y en el mundo sobre la utilización de las Fuentes Renovables de Energía (FRE)?

Como parte de la respuesta a las interrogantes anteriores, el objetivo general de este trabajo consiste en desarrollar una aplicación computacional para proyectar sistemas solares autónomos que permita llegar a una homogeneidad en los criterios de diseño y montaje.

Para cumplimentar esto se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Hacer una revisión bibliográfica detallada sobre las FRE, específicamente sobre la energía solar fotovoltaica.
- Seleccionar la modelación matemática de los parámetros del sistema.
- Desarrollar, en el programa informático Matlab, una aplicación capaz de hacer los cálculos de los elementos fundamentales que componen el sistema fotovoltaico.
- Valorar los resultados que se obtienen mediante su aplicación, en los cálculos de un sistema real.

Organización del informe

El informe de la investigación está estructurado en introducción, desarrollo, conclusiones, referencias bibliográficas, glosario de términos y anexos. El desarrollo se estructura en tres capítulos.

CAPÍTULO 1

El capítulo uno se dedica al estudio de todas las FRE. En esta sección se demuestra que estas energías son nuestra mejor solución para evitar los daños al medio ambiente y que pueden llegar a sustituir completamente el uso de combustibles fósiles.

CAPÍTULO 2

El capítulo dos profundiza en la energía solar fotovoltaica. En él se exponen sus principales características, así como ventajas y desventajas que provoca su utilización. Se muestra

como dependiendo de su aplicación, cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se clasifican en diferentes categorías.

CAPÍTULO 3

En el capítulo tres, se propone una metodología de cálculo para los sistemas solares autónomos, con criterios que permiten obtener los componentes del sistema con una precisión muy cercana a la realidad. La metodología se implementa en Matlab 7.4 con el propósito de facilitar los cálculos y para propiciar que en una etapa posterior a este trabajo, las estructuras de datos obtenidas en régimen estable posibiliten la simulación del sistema fotovoltaico en Matlab-Simulink y poder obtener resultados más precisos del funcionamiento real. Los resultados que se obtienen permiten al proyectista, la realización real de los mismos, tomando en cuenta las existencias en el país.

CAPÍTULO 1. ENERGÍAS RENOVABLES

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, que reúne a científicos de todo el mundo, declaró que el cambio climático es un hecho innegable. Muy pocas personas ponen ya en duda que el calentamiento del planeta es una realidad y que sus posibles consecuencias serán devastadoras, si no se hace nada por detenerlo. Los expertos pronostican que van a derretirse las capas de hielo y a elevarse el nivel del mar, que va a haber sequías, inundaciones, huracanes, y que todo ello provocará pérdidas de cosechas, conflictos, hambruna, enfermedades, etc., de lo que estamos ya sintiendo el impacto, incluso antes de lo que estaba previsto.(OMPI 2008)

Hoy vivimos en un mundo dominado por la ideología inhumana del neoliberalismo, en el cual el desequilibrio entre el Norte y el Sur se hace siempre mayor. Las fuentes convencionales de energía (fósiles y nucleares), que deberían brindar vida y bienestar a la sociedad humana, se encuentran aceleradamente en fase de extinción, a lo que hay que sumarle la predicción de que en menos de una década su demanda superará la oferta, debido, principalmente, al uso dispendioso que hacen de ellas los países del Norte, lo que las convierten en un caos económico para los países subdesarrollados y en motivos de guerra para los poderosos, por tenerlas en sus manos. Como si esto fuera poco, la industria energética actual es la principal fuente de destrucción de nuestro planeta, por su agresiva contaminación del medio ambiente.

Por lo tanto, el mundo urge de un cambio en su política energética actual para evitar la especulación, las presiones políticas, la inestabilidad social, el empobrecimiento de los países del Sur y la destrucción de la humanidad.

Cuba tiene todas las facilidades y oportunidades para convertirse en un ejemplo de este cambio y así mostrar una señal concreta en un nuevo camino, en la dirección hacia un mundo nuevo posible.

Por supuesto, sería de fundamental importancia que se asumieran las FRE con verdadera mentalidad solar y no que se quedase sólo en los aspectos técnicos, como ocurre a menudo en grupos del Primer Mundo, promotores de la energía solar, pero que se dejan contaminar por la mentalidad del neoliberalismo, muy lejana de lo que nos transmite el Sol.

En primer lugar, se debe evitar el despilfarro de energía y orientar las acciones hacia la sobriedad, tanto a nivel público como privado: reciclaje, ahorro de energía, uso en lo posible de los medios públicos de transporte (ferrocarril, autobuses) sobre los individuales, etcétera. En segundo lugar, se deben utilizar las FRE de manera correcta.

De fundamental importancia es tomar las medidas necesarias para que las multinacionales de las energías convencionales no logren apropiarse de las FRE. El hecho de que las energías renovables sean descentralizadas ya es una gran ayuda en este sentido, pero hace falta evitar que estas multinacionales se hagan dueñas de tecnologías solares estandarizadas para todos los lugares. Incluso, en este caso las fuentes solares nos ayudan, porque pueden funcionar bien sólo con tecnologías adecuadas a las características ambientales, culturales y sociales del lugar donde se utilizan. Es entonces imprescindible desarrollar en cada lugar las tecnologías solares apropiadas, creando así las condiciones de una verdadera independencia energética, que se transforma, consecuentemente, en independencia política y económica. Por lo tanto, no hay que tener dudas de que tomando el camino del Sol, es decir, siguiendo todo cuanto nos enseña el Sol, que brinda vida con igual cariño a una pequeña flor, a un animalito y al hombre, se aprende el verdadero compartir, el pensar en los otros, el trabajar siempre juntos, construyendo así poco a poco un mundo donde haya justicia, igualdad y democracia verdadera.

Estos principios deben vincularse a los programas de educación y divulgación popular, integrándose, como en el caso de Cuba, a los programas dirigidos a convertir al país en uno de los más cultos del mundo.(Turrini 2004)

1.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.

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

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

En el capítulo dos por ser el objetivo fundamental de este trabajo se trata con más profundidad este tipo de energía.

1.2 Energía solar térmica

La Energía Solar Térmica (EST) es una tecnología simple y muy eficaz para aprovechar. La idea básica que rige su funcionamiento consiste en concentrar la energía del sol y transformarla en calor, aprovechable para múltiples aplicaciones, tanto residenciales como industriales.

El hecho de generar energía térmica, directamente del sol, sin que exista un proceso de combustión supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio y exento de contaminación.

El posible efecto visual negativo, puede paliarse o enmascarse e incluso resultar positivo, buscando formas de integración en el entorno donde se ubican los colectores solares.

La transformación de esta energía del sol en energía aprovechable se realiza por medio de unos dispositivos denominados colectores solares, que concentran e intensifican el efecto térmico producido por la radiación solar. (Anexo II)

Un colector solar utiliza la radiación solar para calentar un determinado fluido (generalmente agua) a una cierta temperatura. La temperatura que se puede alcanzar depende del diseño del colector, y puede oscilar entre 20° C y varios millares. Según la

temperatura que puede alcanzar la instalación hablaremos de sistemas de EST de baja, media o alta temperatura.

Los colectores solares se dividen en dos grandes grupos:

1. Los Colectores Solares sin Concentración: Se caracterizan por no poseer métodos de concentración, por lo que la relación entre la superficie del colector y la superficie de absorción es prácticamente la unidad, entre ellos están los colectores de placa plana, de aire, de vacío, los de tubos de calor y los cónicos o esféricos.

2. Los Colectores Solares de Concentración: Usan sistemas especiales con el fin de aumentar la intensidad de la radiación sobre la superficie absorbente y de este modo conseguir altas temperaturas en el fluido caloportador. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el colector esté permanentemente orientado en dirección al Sol. Entre ellos se encuentran los concentradores cilíndricos y los paraboloides.

Los colectores solares funcionan tras algún tiempo de exposición al sol, una placa metálica puede calentarse hasta llegar a quemar. La temperatura de la placa aumentará si su color es negro, dado que apenas refleja los rayos del sol. La placa cede el aumento de temperatura conseguido a su entorno: al aire y al soporte que la sujeta.

El mantenimiento del calentador solar es en general sencillo y se reduce a pocas acciones. Entre ellas se pueden señalar:

- Es conveniente realizar una limpieza cada quince días, sobretodo en la época de sequía, para evitar pérdida de eficiencia en el calentador. En caso de no hacerse existirá una pérdida de eficiencia en el calentador.
- Puede ser necesario cada cierto número de años, realizar una limpieza a fondo dependiendo de la dureza del agua del lugar, para quitar las incrustaciones de cal en los conductos. En caso de no hacerse y si el agua de la zona es muy dura, la instalación perderá eficiencia progresivamente pudiendo llegar a quedar inutilizable. Estas limpiezas las realizarán por lo general las empresas instaladoras.
- Es importante en los períodos de vacaciones, y por lo tanto de no utilización de la instalación, vaciarla y cubrir los colectores para que no les dé el sol, y que si el agua

no se usa la temperatura se irá elevando de manera progresiva, lo que puede provocar daños en instalación.

Inicialmente resulta más caro comprar un calentador solar que uno convencional de gas. Sin embargo el calentador solar utiliza la energía gratuita del sol mientras que el calentador convencional utiliza gas de origen fósil que no es gratuito. El gasto acumulado que implica la compra mes a mes de gas llega pronto a igualar al gasto realizado en la compra del calentador solar. Se estima que el período promedio de recuperación del dinero invertido en el calentador solar se encuentra entre uno y tres años, dependiendo del uso que se haga de él. A ello se puede adicionar que el precio del gas está en constante aumento, lo que provoca que el tiempo de recuperación se reduzca cada vez más.

El porcentaje de sustitución de gas por energía solar para calentar el agua se estima alrededor del 80% cuando está correctamente dimensionado, siendo a efectos prácticos con frecuencia sensiblemente superior a esta cifra.

Los beneficios del uso de los calentadores solares de agua los podemos clasificar en dos: económicos y ambientales.

Económicos.- Con la instalación de un sistema adecuado a las necesidades, se puede satisfacer la mayor parte de los requerimientos de agua caliente de inmuebles, sin tener que pagar combustible, pues utilizar el sol no cuesta. Aunque el costo inicial de un calentador solar de agua es mayor que el de un “boiler”, con los ahorros que se obtienen por dejar de consumir gas, se puede recuperar la inversión en un plazo razonable.

Ambientales.- El uso de los calentadores solares permite mejorar en forma importante el entorno ambiental. ¿Cómo? Los problemas de la contaminación en las zonas urbanas no sólo son provocados por los combustibles utilizados en el transporte y en la industria, sino también por el uso de gas licuado del petróleo (GLP) en millones de hogares, lo cual contribuye en conjunto al deterioro de la calidad del aire y la emisión de gases de efecto invernadero. (Altshuler., Ávila et al. 2004)

1.2.1 Cocinas solares

Se utilizan las cocinas solares, principalmente, para cocer comida y pasteurizar agua, aunque continuamente se desarrollan usos adicionales. Numerosos factores, incluyendo el

acceso a los materiales, la disponibilidad de los carburantes de cocinas tradicionales, el clima, las preferencias en cuanto a la alimentación, factores culturales y capacidades técnicas, favorecen que las cocinas solares sean asequibles para las personas. Con un conocimiento de los principios básicos de la energía solar y un acceso a materiales simples, como el cartón, el papel de aluminio y el cristal, se puede construir una cocina solar eficiente.

El propósito básico de una cocina solar es calentar alimentos, cocinar comida, purificar el agua y esterilizar instrumentos por mencionar unos pocos. Una cocina solar cuece porque el interior de la caja se ha calentado por la energía del sol. La luz solar, tanto directa como reflejada, entra en la caja solar a través de la parte superior de cristal o de plástico, calienta el interior siendo la energía absorbida por la plancha negra y cocina lo que hay dentro de las ollas. Este calor en el interior causa que la temperatura dentro de la cocina solar aumente hasta que el calor que se pierda de la cocina sea igual al aumento del calor solar. Se alcanzan fácilmente temperaturas suficientes para cocinar comida y pasteurizar agua.

Son muchas las variantes de cocinas solares que se han probado en el mundo; entre las principales tenemos las cocinas con concentración óptica que pueden ser de foco lineal o foco puntual y las cocinas sin concentración óptica que son fijas u orientables.

El costo de las cocinas solares es muy variable y depende principalmente de los materiales usados, así como de su configuración. Existen cocinas hechas con materiales muy baratos como el cartón y otras con materiales muy caros como el acero inoxidable.

Entre sus principales ventajas pueden citarse que:

- No consume electricidad ni otro tipo de combustible.
- No contamina con gases nocivos ni afecta al balance térmico del planeta.
- Ayuda a la conservación de la naturaleza, en el caso que pueda sustituir la leña, protegiendo los bosques.

Entre las desventajas pueden señalarse:

- Es muy insegura en su funcionamiento, debido a la nubosidad que abunda en nuestro país, y por lo tanto, no se puede depender de ella para comer.

- El tiempo de cocción es largo, comparado con las cocinas tradicionales, y las que son orientables, requieren de gran dedicación.
- Se tiene que cocinar, generalmente, fuera de la casa o cocina, en un lugar donde reciba bien la radiación solar.
- El horario de comidas no podría ser fijo y estaría en dependencia de las condiciones climáticas de cada día. (Tilca 1999)

1.2.2 Secadores solares

El secado solar es una práctica que se realiza desde tiempos memorables para la preservación de los alimentos y cultivos. Principalmente se lleva a cabo poniendo los productos al aire libre para que les de el sol y se sequen naturalmente. Este proceso tiene grandes desventajas, como son el desperdicio de grandes cantidades de alimento debido a las condiciones climáticas, lluvia, viento, humedad y polvo; los pájaros suelen tomar algunos de los alimentos en proceso de secado, descomposición del alimento secándose, por la presencia de insectos y hongos. Además, este proceso requiere un arduo trabajo, mucho tiempo y un espacio muy amplio de trabajo. Gracias al desarrollo cultural e industrial un secador artificial y mecánico ha empezado a utilizarse. Estos nuevos procesos consumen mucha energía y resulta muy caro, lo cual incrementa el costo final del producto. Es por ello que el secador solar es la mejor alternativa de secado de alimentos. Los secadores solares utilizados para alimentos y cultivos, para secado industrial, han probado ser la mejor opción en cuanto a ahorro de energía se refiere. No solamente ahorra energía, si no que también ahorra tiempo, ocupa menos espacio, mejora la calidad del producto, hace los procesos más eficientes y protege al medio ambiente.

El secador de energía solar se libra de las más grandes desventajas que tiene el secado tradicional. El proceso de secado solar puede ser utilizado para todo el proceso de secado, o bien para complementar los procesos de secado artificial, lo cual reduce la cantidad de combustible y energía utilizados. Es una herramienta muy útil y puede utilizarse en procesos como: secado de cultivo, deshidratación de frutas y vegetales para uso comercial, deshidratación de productos lácteos como la leche, para secar las tintas de la industria textil y mucho más.

Este proceso implica el remover parcialmente el agua del material que se desea secar. Existen muchos tipos de secador solar, los cuales se ajustan a las necesidades del usuario entre los que están, los secadores de gabinete, de invernadero, y los indirectos.

La operación de los secadores solares es muy simple y apenas requieren de mantenimiento. De cualquier manera se recomienda mantenerlo limpio y seco, para que el calor y la luz puedan ser absorbidos correctamente. (Altshuler., Ávila et al. 2004)

1.2.3 Invernaderos

El gran auge que se ha tenido de la producción agroalimentaria ha permitido la optimización del agua mediante la construcción de invernaderos. El tema de investigación propone el uso de la energía solar como una opción en el proceso de optimización lo cual permitirá no solo construir invernaderos eficientes, también permitirá el manejo responsable de los recursos naturales.

El uso de energías alternativas en la producción agroalimentaria, limitará el uso de combustibles fósiles en sistemas automatizados que requieren de energía eléctrica la cual será obtenida por celdas solares. (Altshuler., Ávila et al. 2004)

Entre las principales ventajas se encuentran:

- No consumen combustible.
- Larga vida útil (de 15 a 20 años).
- Impacto ambiental mínimo.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.

Sus principales desventajas son las siguientes:

- Inversión inicial relativamente alta.
- Acceso a servicio técnico limitado.

1.3 Energía eólica

Se denomina energía eólica a la obtenida a partir del viento. Esta energía se comenzó a utilizar hace millones de años para impulsar las embarcaciones de vela y posteriormente para mover los molinos de vientos capaces de moler cereales y bombear agua.

Los molinos y los veleros son medios técnicos que aprovechan parte de la energía cinética del viento para realizar trabajo mecánico directo en el sitio. Modernamente, se han desarrollado medios para obtener una forma más valiosa de energía a partir de la energía eólica, la eléctrica, que puede ser transmitida a distancia y utilizada de las más diversas formas. (Anexo III)

La generación de electricidad a partir del viento se ha convertido en una rama muy dinámica de la energética, y varios países se han propuesto cubrir en el futuro, no lejano, una parte importante de sus necesidades eléctricas con ella.

En nuestro país se dan pasos firmes para su desarrollo. Durante los últimos 15 años, gracias al trabajo pionero de varias instituciones y personalidades nacionales, se realizaron algunos proyectos piloto de desarrollo eólico.(Figueredo, Escanaverino et al. 2007)

Los sistemas de bombeo eólico pueden ser divididos en cinco categorías en dependencia de su diseño y construcción:

- Molino de viento multipala tradicional.
- Aerobombas de segunda generación.
- Aerobombas de manufactura informal.
- Aerobombas no convencionales.
- Sistema avanzado de bombeo eólico-eléctrico.

Este último se compone 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 40m), 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 (Velocidades superiores a 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.

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

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.

En los últimos años se ha trabajado en busca de disminuir los costos y aumentar la fiabilidad, lo que los ha convertido en máquinas insustituibles en aquellos sitios donde la red no alcanza y los vientos son sencillamente evidentes.

En el pasado, el talón de Aquiles era la fiabilidad de estos pequeños aerogeneradores. Estas máquinas en los años setenta se ganaron la mala fama de ser poco fiables, expuestos a fallas frecuentes. En el presente, han avanzado técnicamente de forma tal que si se comparan con aquellos modelos, estos son mucho más fiables.

La práctica ha demostrado que la mayoría de las turbinas comerciales actuales pueden operar durante tres años o más, en sitios de ambiente agresivo, sin necesidad de mantenimiento ni inspección. La fiabilidad y los costos de operación y mantenimiento de estas máquinas son igual al de las instalaciones fotovoltaicas. (Figueredo 2006)

1.4 Energía hidráulica

La humanidad ha venido utilizando la energía hidráulica desde hace siglos. El agua, y por consiguiente la energía hidráulica, es un recurso limitado, pero al ser renovable en ciclos más o menos anuales no se agota con el uso y puede acumularse, es muy segura, se produce a muy bajo costo y la tecnología para su utilización está suficientemente desarrollada a nivel mundial, por lo que no requiere, en general, investigaciones fundamentales adicionales para su aplicación inmediata como ocurre, por ejemplo, con la mayoría de las fuentes renovables de energía que hoy se tratan de desarrollar.

La energía hidráulica es la energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura hasta un nivel inferior, lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo esto implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Además, el peso de las consideraciones medioambientales, por los graves

daños que ocasiona a los ríos y a los pueblos ribereños, centra la atención en esta fuente de energía renovable.

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 forzadas, 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 se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

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 caudal fluyente. Una de ellas es la de las cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

La energía hidráulica tiene la cualidad de ser renovable, pues no agota la fuente primaria al explotarla, y es limpia, ya que no produce en su explotación sustancias contaminantes de ningún tipo. Sin embargo, el impacto medioambiental de las grandes presas, por la severa alteración del paisaje e, incluso, la inducción de un microclima diferenciado en su emplazamiento, ha desmerecido la bondad ecológica de este concepto en los últimos años.

Al mismo tiempo, la madurez de la explotación hace que en los países desarrollados no queden apenas ubicaciones atractivas por desarrollar nuevas centrales hidroeléctricas, por lo que esta fuente de energía, que aporta una cantidad significativa de la energía eléctrica en muchos países no permite un desarrollo adicional excesivo. (Anexo IV Fig.1)(Altshuler., Ávila et al. 2004)

1.4.1 Mini hidroeléctrica

. La existencia de centrales mini hidráulicas son rentables: a pesar de sus pequeñas potencias, de su ubicación a veces difícil o de las grandes distancias a un punto de conexión a la red. Estas centrales son capaces de aprovechar pequeñas potencias muy dispersas hasta sumar una componente importante del total hidráulico instalado.

En los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos que se instalan en canales de aguas fluyentes sin presas, las turbinas disponen de energía mientras por ellas circule un caudal igual o superior al mínimo técnico, y se detienen por debajo de ese nivel.

Cuando las zonas de abastecimiento se hallan eléctricamente aisladas, se plantea el problema de una continuidad de abastecimiento a lo largo del año, debiendo reducir la producción que nos llevará a una reducción del rendimiento económico, y esto al paso de los años por escasez del caudal del río, a un cierre total del producto energético. Aún así, aprovechando las aguas fluyentes en todos aquellos puntos que se pueden y deben instalar, la suma de cuantas mini centrales abastecieran a la red, no sería problema si se considera la gran extensión que puede ocuparse en un territorio, con aportación de centenares de Kilowatt, de muchas pequeñas centrales que generaran las 24 h.

En la mayoría de los países, la producción de energía de las pequeñas centrales se conecta a la red principal de distribución, consiguiendo de esa manera una estabilidad de frecuencia y obligando a la central a cumplir el compromiso de potencia para mantener el producto energético en consonancia con el precio por unidad de energía entregada, precio unitario que está regulado por los gobiernos de cada país.(Candel 2005)

1.4.2 Golpe de ariete

El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, mientras que, el peligro de rotura debido a la depresión no es importante, más aún si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de vapor se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso, no muy frecuente, de que el valor de la sobrepresión producida rebase a la de cálculo, con el consiguiente riesgo de rotura. Los principales elementos protectores en este caso serían las ventosas y los calderines.

La Bomba de Ariete, es una herramienta que contribuye de manera efectiva a la provisión de agua en áreas rurales, es un equipo de tecnología simple que sirve para elevar agua hasta una altura de 100 metros sin la utilización de combustible alguno, ni electricidad, tan sólo con el uso de una pequeña caída de agua de un metro que puede provenir de un riachuelo o canal de regadío. Es adecuado para su uso en área rural tanto para el abastecimiento de agua, de consumo humano, como para riego. Es un equipo ecológico pues solo usa la energía del agua y no emite gases contaminantes; funciona las 24 h los 365 días del año y solo requiere un mínimo mantenimiento.

Su funcionamiento es de la siguiente manera: El agua se acelera a lo largo del tubo de alimentación hasta alcanzar una velocidad suficiente como para que se cierre la válvula (A). Entonces se crea una fuerte presión, al detenerse el agua bruscamente. Este golpe de presión abre la válvula (B) y hace pasar un pequeño chorro de agua al depósito (C), hasta que se equilibran las presiones. En ese momento, la gravedad abre la válvula (A) y se cierra la (B), repitiéndose de nuevo el ciclo. El agua, a cada golpe de aire hace fluir el agua, con continuidad, por la manguera de elevación. El ritmo de golpes por segundo suele ser de uno o dos. (Anexo IV Fig.2) (Jímenez 2009)

1.5 Otros tipos de energías renovables

Existen otros tipos de energías renovables además de las antes mencionadas, pero se encuentran menos difundidas y por consiguiente son de menor aplicación, ya sea por la falta de cultura en su uso, alto costo de la tecnología o porque no es viable utilizar en todos los lugares por sus características específicas. A continuación se exponen las características.

1.5.1 Mareomotriz

En algunas regiones costeras se dan unas mareas especialmente altas y bajas. En estos lugares se ha propuesto construir grandes represas costeras que permitirían generar energía eléctrica con grandes volúmenes de agua aunque con pequeñas diferencias de altura. Es como la energía hidráulica, pero su origen es la atracción gravitacional, en lugar del ciclo hidrológico. En general, este recurso no es abundante.

Se aprovecha la energía liberada por el agua de mar en sus movimientos de ascenso y descenso de las mareas (flujo y reflujo). Ésta es una de las nuevas formas de producir energía eléctrica. La leve diferencia de temperaturas llega entre la superficie y las profundidades del mar (gradiente térmico), constituye una fuente de energía llamada mareomotérmica.

La energía de las olas es producida por los vientos y resulta muy irregular, ello ha llevado a la construcción de múltiples tipos de máquinas para hacer posible su aprovechamiento.

Las categorías de movimientos de las aguas del mar son:

Las corrientes marinas: Son grandes masas de agua que se desplazan horizontalmente; son pues verdaderos ríos salados que recorren la superficie de los océanos.

Las ondas: Son masas de agua que avanzan y se propagan en la superficie en forma de ondulaciones cilíndricas que se suceden de formas paralelas y separadas por intervalos regulares.

Las olas: Estas se forman en cualquier punto del mar por la acción de viento, a medida que este aumenta las olas crecen en altura y en masa más rápidamente que la longitud y profundidad de la onda.

Las mareas: Son oscilaciones periódicas del nivel del mar, este movimiento de ascenso y descenso de las aguas del mar se produce por las acciones atractivas del Sol y de la Luna. La subida de las aguas se denomina flujo, y el descenso reflujo, éste más breve en tiempo que el primero.(Rey 1997)

Entre las ventajas y desventajas de este tipo de energía podrían citarse:

Ventajas:

- Auto renovable.
- No es contaminante.
- Silenciosa.
- Bajo costo de materia prima.
- No concentra población.

- Disponible en cualquier clima y época del año.

Desventajas:

- Impacto visual y estructural sobre el paisaje costero.
- Localización puntual.
- Dependiente de la amplitud de las mareas.
- Traslado de energía muy costoso.
- Efecto negativo sobre la flora y la fauna.
- Limitada.

1.5.2 Geotérmica

El calor es una forma de energía y la energía geotérmica es el calor contenido en el interior de la Tierra que genera fenómenos geológicos a escala planetaria, el término energía geotérmica es a menudo utilizado para indicar aquella porción del calor de la Tierra que puede o podría ser recuperado y explotado por el hombre.(Anexo V Fig.1)

Se ha estimado que el contenido total de calor de la Tierra, calculado a partir de una temperatura ambiente media estimada en 15°C, es del orden de $12,6 \times 10^{24}$ MJ y que el contenido de calor de la corteza es de unos $5,4 \times 10^{21}$ MJ (Armstead, 1983).

La energía térmica de la Tierra es por lo tanto inmensa, pero solo una fracción de ella podría ser utilizada por la humanidad. Hasta ahora la utilización de esta energía ha estado limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas permiten un transporte (agua en la fase líquida o vapor), para “transferir” el calor desde zonas calientes profundas hasta o cerca de la superficie, dando así origen a los recursos geotérmicos; sin embargo, en el futuro cercano técnicas innovativas podrían brindar nuevas perspectivas a este sector.

Después de la Segunda Guerra Mundial muchos países fueron atraídos por la energía geotérmica, considerándola económicamente competitiva respecto de otras fuentes energéticas. Esta no requiere ser importada y, en algunos casos, es la única fuente de energía local.

El gradiente geotérmico es el aumento de la temperatura con la profundidad en la corteza terrestre (Anexo V Fig.2). A profundidades accesibles mediante perforaciones con tecnología modernas, esto es, sobre 10.000 metros, el gradiente geotérmico promedio es alrededor de 25 a 30 °C/km. Por ejemplo, a temperatura ambiente media anual de 15°C podemos razonablemente asumir una temperatura de 65 a 75°C a 2000 metros de profundidad, 90°C a 105°C a 3000 metros de profundidad y así para otros miles de metros. Sin embargo, hay regiones de la Tierra en las cuales el gradiente geotérmico es muy diferente al valor promedio. En áreas donde las rocas del basamento han sufrido un rápido hundimiento y la cuenca resultante es rellenada con sedimentos geológicamente “(muy jóvenes)”, el gradiente geotérmico puede ser menor que 1°C/km. Por otra parte, en algunas “áreas geotermales” el gradiente es más de diez veces el valor promedio.

Los sistemas geotérmicos pueden por lo tanto encontrarse en regiones, con un gradiente geotérmico normal o levemente superior, especialmente en regiones alrededor de los márgenes de placas, donde el gradiente geotérmico puede ser significativamente más alto que el valor promedio. En el primer caso, los sistemas se caracterizarán por bajas temperaturas, normalmente inferiores a 100°C, a profundidades económicamente alcanzables (dos a tres kilómetros); en el segundo caso las temperaturas podrían cubrir un amplio rango, desde bajas hasta muy altas e incluso sobre 400°C.

Un sistema geotérmico está constituido por tres elementos principales: una fuente de calor, un reservorio y un fluido, el cual es el medio que transfiere el calor. La fuente de calor puede ser tanto una intrusión magmática a muy alta temperatura (mayor que 600°C), emplazada a profundidades relativamente someras (de cinco a diez kilómetros) o bien, como en sistemas de baja temperatura donde el gradiente geotérmico normal es el calor. El reservorio es un volumen de rocas calientes permeables del cual los fluidos circulantes extraen el calor.

El mecanismo que sustenta los sistemas geotérmicos está controlado fundamentalmente por convección de fluidos. La convección tiene lugar debido al calentamiento y a la consecuente expansión termal de los fluidos; el calor, que es suministrado en la base del sistema de circulación, es la energía que acciona el sistema. El fluido calentado de menor

densidad tiende a ascender y a ser reemplazado por fluido frío de mayor densidad, proveniente de los márgenes del sistema.

Los sistemas geotérmicos también se encuentran en la naturaleza en una variedad de combinaciones de características geológicas, físicas y químicas, dando así origen a diferentes tipos de sistemas. De todos los elementos que constituyen un sistema geotérmico la fuente de calor es el único que debe ser natural. Si las condiciones son favorables, los otros dos elementos pueden ser “artificiales” por ejemplo los fluidos geotermales extraídos de un reservorio para accionar una turbina en una planta geotermoeléctrica podrían, después de su utilización, ser reinyectados al reservorio mediante pozos de inyección. De este modo, la recarga natural del reservorio está integrada además por una recarga artificial. Por muchos años la reinyección ha sido empleada en varias partes del mundo como una forma de reducir drásticamente el impacto ambiental de la operación de plantas geotérmicas. La recarga artificial mediante pozos de reinyección puede también ayudar a mantener campos geotérmicos “viejos o agotados”.(Dickson and Fanelli 2002)

1.5.3 Biomasa

Biomasa, abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico. El término es utilizado con mayor frecuencia en las discusiones relativas a la energía de biomasa, es decir, al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos.

La forma más antigua de aprovechamiento de la energía solar, inventada por la Naturaleza misma, es la fotosíntesis. Mediante este mecanismo las plantas elaboran su propio alimento (su fuente de energía) y el de otros seres vivientes en las cadenas alimenticias. También mediante fotosíntesis se obtienen otros productos, como la madera, que tienen muchas aplicaciones, además de su valor energético. A partir de la fotosíntesis puede utilizarse la energía solar para producir sustancias con alto contenido energético (liberable mediante una combustión) como el alcohol y el metano. (Anexo VI Fig.1)

La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo. En algunos casos también es el recurso económico más importante, como en Brasil, donde la caña de azúcar se

transforma en etanol, y en la provincia de Sichuan, en China, donde se obtiene gas a partir de estiércol. Existen varios proyectos de investigación que pretenden conseguir un desarrollo mayor de la energía de biomasa, sin embargo, la rivalidad económica que plantea con el petróleo es responsable de que dichos esfuerzos se hallen aún en una fase temprana de desarrollo. (Anexo VI Fig. 2)

Entre las ventajas y desventajas más importantes de esta energía pueden señalarse:

Ventajas:

- Densidad energética similar al lignito, un tipo de carbón mineral que constituye el combustible fundamental en países con alto desarrollo económico como Alemania.
- La biomasa constituye un acumulador natural de la energía solar y, por tanto, es capaz de generar electricidad “despachable”, lo que significa que no depende de la hora del día ni de la nubosidad u otros factores climatológicos en lo inmediato, por lo que su costo de producción es hoy competitivo con el de los combustibles fósiles.
- Aprovechada con tecnologías modernas y eficientes, no produce GEI ni otros contaminantes porque el CO₂ que se emite al combustionarse equivale al que absorbió la planta durante su ciclo de crecimiento vegetativo y por tanto, no se incrementa la concentración atmosférica de carbono; además, su contenido de azufre es despreciable.
- Una parte importante de la biomasa, para fines energéticos, procede de materiales residuales que es necesario eliminar, su aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso.

Desventajas:

- Puede reducir la biodiversidad si las especies energéticas llegaran a constituir un monocultivo.
- Su explotación no es necesariamente sustentable, por lo que deben tomarse las medidas requeridas para garantizar la renovación permanente de su aprovechamiento.

- Posible erosión y empobrecimiento de los suelos, sobre todo si se establecen prácticas de monocultivo.
- Cambian las emisiones, aunque no desaparecen del todo; por tanto, debe mantenerse una vigilancia constante en ese sentido.

La biomasa puede usarse para la producción térmica (combustión directa generalmente, aunque también se usa el biogás) y para la producción de etanol, biodiesel y otros combustibles líquidos, sometiendo la biomasa a tratamientos especiales. De ahí se desprende la variedad de aplicaciones que puede tener la biomasa en la industria, el transporte, el hogar, etcétera. (Altshuler., Ávila et al. 2004)

1.5.3.1 Biogás

La tecnología del biogás está bien adaptada a las exigencias ecológicas y económicas del futuro, por lo que se le considera una tecnología de avanzada.

El biogás es producido por bacterias que se encargan de descomponer los residuos orgánicos, 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 ceno de fermentación líquido las bacterias de metano llegan con mayor facilidad al material de fermentación fresco, lo que acelera el proceso.

El proceso de fermentación se compone de dos fases principales: la ácida y la metanogénica. En la primera se forman los aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes, a partir de las proteínas, grasas e hidratos de carbono disueltos en el residual. En la segunda se forman el metano, el bióxido de carbono y el amoníaco, entre otros.

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 kerosene (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 biodigestor (bioabono), después del proceso de fermentación y producción de biogás.
- Aprovechar el material extraído del biodigestor, o sea, el bioabono, 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.(Chacón 2006)

1.5.3.2 Biodiesel

El biodiesel es un biocombustible líquido producido a partir de los aceites vegetales y grasas animales, siendo la colza, el girasol y la soja las materias primas más utilizadas para este fin. Las propiedades del biodiesel son prácticamente las mismas que las del gasóleo de automoción en cuanto a densidad y número de cetano. Además, presenta un punto de inflamación superior. Por todo ello, el biodiesel puede mezclarse con el gasóleo para su uso en motores e incluso sustituirlo totalmente si se adaptan éstos convenientemente.

La definición de biodiesel propuesta por las especificaciones ASTM (*American Society for Testing and Material Standard*, asociación internacional de normativa de calidad) lo describe como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión. Sin embargo, los ésteres más utilizados son los de metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceites vegetales o grasas animales o de la esterificación de los ácidos grasos) debido a su bajo coste y sus ventajas químicas y físicas.

A diferencia de otros combustibles, los biocombustibles presentan la particularidad de utilizar productos vegetales como materia prima. Esto es la causa de que sea preciso tener en cuenta las características de los mercados agrícolas, junto a la complejidad que ya de por sí presentan los mercados energéticos. En este sentido, hay que destacar que el desarrollo de la industria de los biocombustibles no depende principalmente de la disponibilidad local de materia prima, sino de la existencia de una demanda suficiente. Al asegurar la existencia de una demanda de biocombustibles, el desarrollo de su mercado puede aprovecharse para potenciar otras políticas como la agrícola, favoreciendo la creación de empleo en el sector primario, la fijación de población en el ámbito rural, el desarrollo industrial y de actividades agrícolas, y reduciendo a la vez los efectos de la desertización gracias a la plantación de cultivos energéticos.

En cuanto a la utilización del biodiesel como combustible de automoción, ha de señalarse que las características de los ésteres son más parecidas a las del gasóleo que las del aceite vegetal sin modificar. La viscosidad del éster es dos veces superior a la del gasóleo frente a diez veces ó más de la del aceite crudo; además el índice de cetano de los ésteres es superior, siendo los valores adecuados para su uso como combustible.

Entre las principales ventajas podrían apuntarse:

- Ahorro de combustibles agotables. En la medida en la que se sustituye el empleo de derivados del petróleo por biogasóleos de origen renovable.
- Diversificación energética.
- Una fuente renovable de producción de combustibles alternativos, con origen en la agricultura, permite a la sociedad disponer de una fuente de empleo adicional y de un aprovechamiento de terrenos que en algunos casos no pueden ser usados para otros cultivos por restricciones políticas o condiciones del terreno.
- La manipulación, tratamiento y evacuación de residuos supone un coste energético y económico a las empresas que los producen y a la sociedad. Éste también es el caso de los residuos de aceites vegetales. Si éstos son empleados en la elaboración de biodiesel, se consiguen dos objetivos: reducción de los costes por el tratamiento o evacuación del residuo y minimización de los costes relacionados con la posible contaminación ambiental.
- El biodiesel tiene un mayor número de cetano, lo cual mejora el proceso de combustión, permite aumentar la relación de compresión del motor (conlleva un aumento del rendimiento de éste) y produce menos ruido.
- Presenta un mayor poder lubricante, con lo que se disminuye la necesidad de incluir aditivos en el combustible para mejorar esta propiedad.

Entre las principales desventajas pueden citarse:

- Hay estudios en los que se han observado una mayor emisión de aldehídos al emplear biodiesel, siendo éstos unos compuestos que a pesar de no estar regulados por normativa, son considerados altamente reactivos en la atmósfera, contribuyendo al smog fotoquímico.

- Presenta una ligera pérdida de potencia, como consecuencia del poder calorífico ligeramente inferior.
- El coste de producción del biodiesel es mayor que en el caso del combustible derivado del petróleo.(Laborda 2006)

1.5.4 Hidrógeno solar

El carácter no estable de la radiación solar debido a las noches y nubosidad durante el día, hace necesario el almacenamiento de su energía en sistemas, sólo dependientes de la energía solar. Dado el carácter finito de los combustibles fósiles (en especial el petróleo al que se le auguran pocos años antes de que sus precios se eleven apreciablemente por no satisfacerse la demanda), se tiene al hidrógeno como el portador ideal para almacenar y transportar energía, o sea, para sustituir a los combustibles fósiles líquidos y gaseosos. Cuando el hidrógeno se obtiene de fuentes renovables, por conversión directa o indirecta, se le denomina hidrógeno solar.

Para la obtención de hidrógeno del agua utilizando energía solar térmica pueden utilizarse la descomposición directa y el proceso termoquímico. En el primer caso se necesita del desarrollo de materiales que puedan soportar más de 2 000 °C de temperatura para disociar la molécula de agua por calor. En el segundo caso puede usarse la descomposición termoquímica. Se buscan materiales reciclables eficientes y que puedan soportar muchos ciclos de oxidación-reducción. Por ejemplo, vapor de agua a alta temperatura se hace circular a través de polvo de hierro. Éste se oxidará al tomar el oxígeno del vapor y quedará el hidrógeno. Es necesario que el óxido de hierro pueda de nuevo reducirse para repetir el ciclo. La instrumentación práctica de estas posibilidades es muy lejana aún.

La electricidad para la electrólisis puede obtenerse por diversas vías a partir de la energía solar. Con la conversión térmica, la energía eólica, la hidroenergía y otras renovables puede producirse energía eléctrica. Para convertir esta energía en hidrógeno se necesitan los electrolizadores, equipos modulares cuya unidad es la celda electrolítica (un vaso).

Aunque el hidrógeno puede obtenerse según las variantes anteriores, en la descomposición directa sólo hay una transformación de energía, y por lo tanto es el mejor camino. Se puede descomponer fotoquímicamente el agua mediante la biofotólisis y la fotólisis.

Del hidrógeno puede obtenerse energía térmica por combustión o electricidad utilizando las celdas de combustible. La conversión a energía térmica se basa en su combustión, o sea, su reacción con oxígeno, como es el caso de otros combustibles gaseosos, por ejemplo, metano. Las celdas de combustible para generar electricidad son más novedosas. Éstas se basan en el proceso inverso a la electrólisis del agua. O sea, en ella el hidrógeno y el oxígeno se recombinan para dar agua. Ésta es una reacción con desprendimiento de energía, lo que se hace en forma de electricidad en estas celdas (Anexo VII).

Las celdas de combustible tienen las ventajas de ser modulares, no tener partes móviles, no contaminar, no hacer ruido, ser seguras, tener altas eficiencia y densidad de energía y ser de fácil mantenimiento.(Altshuler., Ávila et al. 2004)

CAPÍTULO 2. EL SOL. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1 El sol

El sol, es la estrella que, por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Mediante la radiación de su energía electromagnética, aporta directa o indirectamente toda la energía que mantiene la vida en la Tierra, porque todo el alimento y el combustible proceden en última instancia de las plantas que utilizan la energía de la luz del Sol.

El Sol envía a la Tierra únicamente energía radiante, es decir, luz visible, radiación infrarroja y algo de ultravioleta. Sin embargo, en la atmósfera terrestre se convierte en una variedad de efectos, algunos de los cuales tienen importancia como recurso energético, tal es el caso de la energía eólica, la energía de la biomasa, la diferencia de temperaturas oceánicas y la energía de las olas. Por lo que no se puede mencionar el tema de las energías renovables, sin antes estudiar el astro rey, protagonista de la vida en el planeta, y creador de cualquier forma de energía que se use en la vida del hombre.

La cantidad de energía que el sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en el planeta.

2.2.1 El sol como fuente de energía. Características del sol.

El sol es una esfera, de unos 700.000 Km. de radio, constituida por una mezcla de gases compuesta, fundamentalmente, por un 70% de hidrógeno y un 27% de Helio.

Desde el punto de vista de su aprovechamiento energético podemos considerarlo como una esfera que emite una radiación, que transmite a través del espacio a la velocidad de la luz, que se distribuye en una banda de longitudes de onda equivalentes a la de un cuerpo negro

a 6.000 °K. La energía radiante del sol que se recibe en el exterior de la atmósfera terrestre es la denominada constante solar y vale: $1.353 \text{ W/m}^2 = 4.872 \text{ KJ/h. m}^2$. (Ecrenaz and J. P. Bibring 1987)

Para alcanzar la superficie terrestre la radiación solar debe atravesar la atmósfera donde experimenta diversos fenómenos de reflexión, absorción, y difusión que disminuyen la intensidad final.

La radiación que llega directamente del sol es la denominada radiación directa y la que previamente es absorbida y difundida por la atmósfera (muy significativa, por ejemplo, en días nublados) es la radiación difusa. La radiación solar, tanto directa como difusa, se refleja en todas las superficies en las que incide dando lugar a la radiación reflejada. La reflexión dependerá de las características y naturaleza de la superficie reflectora.

La radiación solar global es la suma de los tres tipos antes citados, directa, difusa y reflejada, y es la que podemos aprovechar para su transformación térmica. (Green 1998)

En primer término, toda la energía procedente del sol evita la utilización de un combustible fósil y por tanto la emisión de partículas sólidas en suspensión, tales como SO_2 , CO_2 , Nox , etc. Además, su utilización en la medida en que se evita el uso de otros combustibles, suprime los impactos originados por ellos en su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que incide beneficiosamente en el suelo, el agua, la atmósfera, la fauna, etc. Su utilización beneficia directamente al usuario, ya que es un procedimiento limpio y no produce ruidos significativos.

La energía del sol llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones. La intensidad de la energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.

2.2 Características de la energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es el proceso de convertir directamente en electricidad la energía proveniente del Sol. La celda fotovoltaica o solar es el elemento encargado de transformar la energía solar en eléctrica y su funcionamiento se basa en el fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico. (Altshuler., Ávila et al. 2004)

La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizarla. Es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar dicha transformación no es más que el gasto que es necesario realizar para comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico. Esta energía se puede transformar de dos maneras:

1. Utiliza solo parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
2. Utilizando la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos

2.2.1 Módulo o panel fotovoltaico

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un dispositivo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado y una superficie de vidrio. (Anexo VIII Fig.1).

La celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales. Estas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra en abundancia en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas. Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un watt a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

El marco de vidrio y aluminio tiene la función principal de soportar mecánicamente a las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie, por ejemplo: humedad y polvo. Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones

internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados.

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

- Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.
- Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en watts-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 watt por metro cuadrado (W/m^2) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media (55 Wp); y de alta potencia (hasta 160 Wp). En aplicaciones de

electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

2.2.2 Baterías

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos. (Anexo VIII Fig.2 y Fig.3)

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema, pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenan energía eléctrica en períodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.
- Proveen la energía eléctrica necesaria en períodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
- La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse, este valor es generalmente del 80%. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves, pero de altos valores de corriente, estas son superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 A durante 2 s, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 A durante 100 h.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías. También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación.

Después que las baterías hayan alcanzado su vida útil, deberán ser retiradas y llevadas a centros de reciclaje autorizados (en el caso de algunos proveedores con la venta de la batería se responsabilizan también del retiro y reciclaje). Por ningún motivo deben desecharse en campos abiertos o basureros, pues el derrame de la solución de ácido sulfúrico que contienen ocasiona graves daños al suelo, personas y animales. Finalmente, es importante mantener alejados a los niños de las baterías para evitar cortocircuitos o quemaduras de ácido accidentales.

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas “baterías libre de mantenimiento”, no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida, así como la temperatura de trabajo. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente" debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga. Si se carga ó descarga una batería más de lo necesario, ésta se daña. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

2.2.3 Regulador o controlador de carga

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga.

El regulador es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas. (Anexo VIII Fig.4)

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es aconsejable adquirir siempre un regulador de carga de buena calidad y apropiado a las características de funcionamiento (actuales y futuras) de la instalación fotovoltaica. También, se recomienda adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión

automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

2.2.3.1 Regulador serie

Este tipo de regulador es el más usado en los sistemas aislados, su funcionamiento se basa en conectar y desconectar la batería del arreglo de paneles sin intervenir en la regulación de voltaje y corriente del sistema. Aunque son menos difundidos existen reguladores PWN que realizan la regulación del voltaje y la corriente.

2.2.3.2 Regulador paralelo

Este tipo de regulador va conectado en paralelo con el arreglo de paneles, aunque son menos utilizados que el anterior, su uso puede garantizar un mejor cuidado de los paneles fotovoltaicos. (FOCER 2002)

2.2.3.3 Regulador MPPT

Los reguladores MPPT (en inglés, *Maximum Power Point Tracker* o Seguidor de Máxima Potencia) rompen la conexión directa entre panel y batería y permiten que el panel trabaje en el punto ideal según las circunstancias de insolación y temperatura, ya que los paneles solares siempre producen más potencia bajo ciertas condiciones meteorológicas, un sol brillante de un día frío de invierno nos proporciona mucha más energía eléctrica que un día caluroso de Agosto, y la ganancia de potencia con este tipo de regulador es mayor precisamente cuando se necesita más, es decir en invierno. Los MPPT convierten la mayor tensión de trabajo en un aumento de corriente de carga, y pueden llegar a incrementar ésta en un 35%. El promedio en invierno sería de un 25% y en verano del orden del 10%, siempre respecto a un sistema de conexión directa.

Estos reguladores no se han popularizado por su alto precio. Los más eficaces (y caros) son del tipo inteligente, que calculan continuamente como sacar más potencia y sólo empiezan a resultar factibles en instalaciones de al menos 450W (6 paneles de 75W).(Soltermia 2007)

2.2.4 Inversor

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

El tipo de la energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que se suministra esa energía. Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 V de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Por otra parte, hay lámparas, radios y televisores que necesitan 110 V ó 120 V de corriente alterna para funcionar. Estos aparatos eléctricos se pueden adquirir en cualquier comercio pues 120 ó 110 son los voltajes con el que operan el 95% de los electrodomésticos. Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 V por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna (CA) a 120 V. (Anexo VIII Fig.5) (FOCER 2002)

Los convertidores que reciben la corriente continua (CC) a un determinado voltaje y la transforman en corriente continua pero a un voltaje diferente reciben la denominación de convertidores CC-CC (*DC-DC* en inglés) y los que transforman la corriente continua en alterna se denominan convertidores CC-CA (*DC-AC* en inglés).

El procedimiento normal de funcionamiento de un equipo CC-CC es convertir previamente, mediante un dispositivo electrónico inversor, la corriente continua de entrada en corriente alterna, la cual es elevada o reducida de tensión mediante un simple transformador, volviéndose posteriormente a convertirla en continua, pero ya al voltaje requerido. Todos estos procesos comportan, como fácilmente se comprende, una cierta pérdida de rendimiento que debe ser tomada en cuenta.

Los convertidores CC-CA permiten transformar la corriente continua de 12 ó 24V que producen los paneles y almacena la batería, en corriente alterna de 125 ó 220 V, como la que normalmente se utiliza en los lugares donde llega la red eléctrica tradicional. Esto permite usar los aparatos eléctricos habituales diseñados para funcionar a este tipo de corriente. La contrapartida que esta transformación lleva acarreada es la pérdida de energía en el propio convertidor, el cual tiene un rendimiento que en determinadas circunstancias de trabajo es bastante pequeño.

Existe una amplia variedad de inversores para aplicaciones domésticas y usos productivos en sitios aislados, tanto en calidad como en capacidad. Con ellos, se pueden utilizar lámparas, radios, televisores pequeños, teléfonos celulares, computadoras portátiles, y otros. Según la forma de la onda característica de la corriente que el convertidor produce, se habla de convertidores de onda sinusoidal modificada y de onda senoidal o sinusoidal.

Algunas cualidades que hacen el convertidor apto para su empleo en instalaciones solares son:

- Capacidad de resistir potencias pico, como la producida en los arranques de los motores, durante breves instantes sin que se colapse el dispositivo inversor.
- Una eficiencia razonable. Se debe exigir, como mínimo, que el rendimiento de un convertidor senoidal sea del 70% trabajando a una potencia igual al 20% de la nominal y del 85% cuando trabaje a una potencia superior al 40% de la nominal.
- Estabilidad del voltaje.
- Baja distorsión armónica.
- Posibilidad de poder ser combinado en paralelo. Esto permite un posible futuro crecimiento de la instalación y de la potencia de consumo.
- Arranque automático.
- Buen comportamiento frente a la variación de temperatura.

2.2.5 Otros elementos en las aplicaciones

Finalmente, un sistema fotovoltaico incluye las cargas o aparatos eléctricos que se van a utilizar y que consumen la corriente generada o almacenada. Los ejemplos más comunes son lámparas, radios, televisores y teléfonos celulares para uso doméstico; y bombas y motores, para usos productivos.

La selección de estas cargas es tan importante como la del resto de equipos fotovoltaicos; por ello, hay dos aspectos por considerar cuando se utilizan aparatos que se energizarán a través de un sistema fotovoltaico:

a) El consumo diario de energía del conjunto de aparatos eléctricos no debe sobrepasar la cantidad de energía diaria producida por el sistema fotovoltaico. Es importante recordar que

la disponibilidad diaria de energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos es variable pues depende de la radiación solar disponible, del estado de carga de la batería y de la capacidad de los equipos fotovoltaicos instalados, especialmente de la capacidad total de los módulos fotovoltaicos. Por lo tanto, la energía disponible es limitada y hay que utilizar racionalmente los aparatos (sostenibilidad energética). Es recomendable hacer uso, en la medida de lo posible, de aparatos modernos de bajo consumo energético y alta eficiencia. Por ejemplo, se descarta el uso de bombillos incandescentes, planchas eléctricas y hornos eléctricos.

b) La necesidad de utilizar aparatos a 120 V determina la instalación o no de un inversor: Es importante tener en cuenta el tipo de energía que necesitan los aparatos eléctricos que se van a utilizar con el fin de determinar si se necesita o no un inversor. En la decisión hay que tomar en cuenta que el inversor implica un costo adicional del sistema, y que en el mercado se ofrecen varios aparatos electrodomésticos que funcionan a 12 V, por ejemplo: radios de vehículos, lámparas fluorescentes, etc.

La suma instantánea de las potencias individuales de cada uno de los aparatos por emplear no debe ser mayor que la capacidad máxima en watt (W) del inversor. Se recomienda utilizar inversores contruidos especialmente para aplicaciones fotovoltaicas y sobredimensionar la capacidad de éstos en un 20-30% para prevenir expansiones futuras en la instalación. Por ejemplo, si se tiene un inversor de 300 W de potencia nominal es posible utilizar simultáneamente un máximo de 20 lámparas de 15 W cada una, o emplear simultáneamente un televisor de 75 W más 15 lámparas de 15 W, o cualquier combinación de aparatos cuya suma de potencias instantáneas sea igual o menor que 300 W.

La utilización de un inversor no imposibilita el uso de aparatos a 12 V de corriente directa. Por lo tanto, una instalación fotovoltaica que disponga de un inversor puede proveer energía tanto a cargas de 12 V como a cargas de 120 V.

2.3 Ventajas y desventajas

Los sistemas fotovoltaicos han demostrado su capacidad para proveer energía eléctrica a sitios aislados de la red convencional. Sin embargo, la tecnología fotovoltaica no es siempre la solución más adecuada a todos los problemas de electrificación rural de nuestros

países. Dependiendo de los casos en particular, la extensión de la red convencional, el empleo de aerogeneradores o el uso de pequeñas centrales hidroeléctricas, pueden ser alternativas válidas. Como regla general, antes de comprar cualquier equipo se debe evaluar detenidamente si éste es la mejor opción o no a un caso particular. Incluso, aún cuando ya se haya decidido utilizar la opción fotovoltaica, el tipo de sistemas que se instalará (CC, CA ó Centralizado) es una decisión muy importante que se debe tomar a partir de las necesidades energéticas actuales y futuras y de la disponibilidad económica.

2.3.1 Ventajas

- La energía que se obtiene a partir de las celdas solares ofrece ventajas adicionales al hecho de transformar directamente la energía solar en electricidad, a saber: no tiene partes móviles, es extremadamente modular, genera desde fracciones de watt hasta decenas de megawatt, lo mismo puede estar en un reloj de pulsera que en un auto, techo, fachada, etc. Se instala fácilmente, inclusive por partes, y cada una de ellas genera inmediatamente, o sea es aditiva, no utiliza prácticamente agua, versátil, silenciosa, tiene poco riesgo tecnológico, ya que la disminución de los costos ha ido dictando el nivel de aplicación en cada momento, facilitando su carácter modular. (Altshuler., Ávila et al. 2004)
- La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años).
- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles para las poblaciones rurales y se espera que sigan bajando.
- La tecnología de equipos y sistemas fotovoltaicos ha alcanzado un grado de madurez que posibilita su utilización para resolver confiablemente los problemas energéticos de nuestros países.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

2.3.2 Desventajas

- La inversión inicial es alta con respecto de la capacidad de pago de una gran mayoría de las familias rurales.
- La cantidad de energía producida es limitada y alcanza solamente para las necesidades básicas de electricidad.
- La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

2.4 Usos

En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, especialmente de los módulos, la batería y por la disponibilidad del recurso solar. Técnicamente, un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como se desee; sin embargo desde el punto de vista económico, siempre existen limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.

Los sistemas fotovoltaicos se utilizan principalmente para proveer energía a lámparas, radios, reproductoras de cintas, pequeños televisores, teléfonos celulares, bombas de agua, purificadora de agua, refrigeradora de vacunas y equipos profesionales de radiocomunicación.

Dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Lámparas portátiles.
- Sistemas individuales de Corriente Directa (CD) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas individuales de Corriente Alterna (CA) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas centralizados aislados de la red.
- Sistemas centralizados conectados a la red.

2.4.1 Sistemas individuales de corriente directa para aplicaciones domésticas

La aplicación más frecuente y generalizada de la energía solar fotovoltaica es la electrificación rural de viviendas a través de sistemas individuales CD. Estos sistemas están compuestos, normalmente, por un panel fotovoltaico con una capacidad menor que 100 Wp, un regulador de carga electrónico a 12 V, una o dos baterías con una capacidad total menor que 150 A-h, 2 ó 3 lámparas a 12 V y un tomacorriente para la utilización de aparatos eléctricos de bajo consumo energético diseñados especialmente para trabajar a 12 V de CD.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

- El voltaje nominal es 12 V de corriente directa:

Esto implica que solamente se puede usar lámparas y aparatos que trabajen a 12 V. Es importante mencionar que, aunque existe una gran variedad de lámparas y electrodomésticos que trabajan a 12 V, puede ser difícil adquirir este tipo de aparatos en el comercio local, particularmente las lámparas. Normalmente, es necesario contactar a distribuidores de equipos fotovoltaicos para comprarlas y esto representa inconvenientes en tiempos de entrega y de costos más altos.

- El costo comparativo de este tipo de sistema es más accesible para los presupuestos familiares:

Debido a que se utiliza exclusivamente para satisfacer necesidades básicas de electrificación (luz, radio y TV), los equipos son de baja capacidad; debido a que el sistema trabaja a 12 V, no se necesita usar un inversor. Por estas razones, el costo inicial del sistema es comparativamente menor y muy atractivo para soluciones básicas de electrificación rural fotovoltaica.

2.4.2 Sistemas individuales de corriente alterna para aplicaciones domésticas

Los sistemas individuales de CA se pueden considerar como una ampliación de los equipos y capacidades de un sistema individual CD. La diferencia fundamental que existe entre ambos sistemas es que el primero dispone de un inversor electrónico para transformar la tensión de 12 V de corriente directa a 120 V de corriente alterna. En cuanto al resto de componentes, ambos sistemas son idénticos.

Los aparatos o cargas que con mayor frecuencia se utilizan con sistemas CA son lámparas fluorescentes de alta eficiencia y bajo consumo, equipos de audio (radios, radiograbadoras y equipos de alta fidelidad), teléfonos celulares, equipos de vídeo (televisores y videograbadoras), computadoras y bombas de agua.

Los sistemas fotovoltaicos de CA tienen mayor capacidad de producción de energía (paneles fotovoltaicos de mayor capacidad) y mayor capacidad de almacenamiento (batería de mayor capacidad) que los sistemas fotovoltaicos de CD. La experiencia dice que para necesidades de electrificación mínimas – por ejemplo 2 lámparas, 1 radio y 1 TV (blanco y negro) un sistema fotovoltaico de CD es la solución económica y técnicamente más adecuada y accesible; sin embargo, si las necesidades de electrificación comprenden el uso de más de 2 lámparas, radio-caseteras de mediana potencia, televisores a color, bombas de agua u otro tipo de electrodoméstico, entonces, sería mejor instalar un sistema fotovoltaico de CA.

De este tipo de sistemas las características más importantes son:

- El sistema puede proveer energía tanto a 120 V de corriente alterna como a 12 V de corriente directa. La consecuencia más importante de esto es que se pueden utilizar lámparas y electrodomésticos a 120 V, los cuales son más comunes, más baratos y más fáciles de adquirir que los aparatos a 12 V; o, se puede utilizar directa y simultáneamente aparatos que naturalmente ya funcionan a 12 V, por ejemplo radios para automóviles, televisores blanco y negro portátiles, etc. Esta flexibilidad en el uso de aparatos de CA y CD es una de las cualidades más importantes de los sistemas individuales de CA.
- El costo del sistema es relativamente más alto. Es lógico que al agregar un componente más (el inversor) al sistema básico CD, los costos iniciales se incrementan. Sin embargo, es importante considerar que el costo de las lámparas y de todos los equipos que funcionan a 120 V es considerablemente menor que el de las lámparas y los equipos que funcionan a 12 V. Por otra parte, actualmente es más fácil adquirir o reemplazar equipos de 120 V en el comercio local que reemplazar equipo de 12 V. Por lo tanto, si bien existe un incremento de costos por el uso del inversor, también existe un ahorro de tiempo y dinero.

2.4.3 Sistemas aislados para usos productivos

Además de la aplicación de electrificación de las viviendas rurales, se puede aplicar la energía solar fotovoltaica para usos productivos y comerciales, sobre todo en la agricultura.

Ejemplos de este uso son:

- Bombeo de agua para irrigación y cercas eléctricas para ganadería: Este permite aumentar la productividad del área cultivable y diversificar el cultivo.
- Refrigeración de alimentos: Incrementa la calidad del producto y permite mayores márgenes de tiempo entre cosecha y entrega en el mercado.
- Comunicación: Facilita la venta en mercados alejados y el acceso a información de precios en el mercado.
- Iluminación: Permite el procesamiento de cultivos y productos en horas de la noche y en áreas cubiertas.

La capacidad y configuración de un sistema para usos productivos depende de la aplicación. Por ejemplo, los sistemas de bombeo de agua generalmente no requieren de baterías, mientras que aplicaciones que exigen una disponibilidad de energía continua, como la refrigeración, sí la necesitan.

2.4.4 Sistemas centralizados aislados de la red

Los sistemas fotovoltaicos son una opción válida para la electrificación rural cuando:

- No existe la posibilidad técnica o económica de llevar la red eléctrica convencional hasta cada una de las viviendas.
- Las familias demandan cantidades moderadas de energía.

Si las viviendas por electrificar se encuentran ubicadas en forma dispersa, los sistemas fotovoltaicos individuales son la mejor alternativa, sino la única, debido a su autonomía y modularidad. Sin embargo, si las casas por electrificar se encuentran ubicadas relativamente próximas entre sí, la opción más apropiada puede ser un sistema fotovoltaico centralizado debido a que la concentración de equipos y energía ofrece ventajas desde los puntos de vista técnico y económico.

Un sistema centralizado es un sistema fotovoltaico capaz de satisfacer la demanda energética de una comunidad con electricidad que se produce, almacena y transforma en un

sistema fotovoltaico central y que luego se distribuye, a través de líneas eléctricas, hasta cada una de las viviendas.

Los sistemas centralizados tienen la misma estructura que un sistema fotovoltaico individual con suministro CA. La diferencia fundamental radica en que los sistemas centralizados son capaces de proveer energía en cantidades y en calidades muy superiores que la energía producida por un sistema fotovoltaico individual. Sin embargo, las características fundamentales de los sistemas centralizados son la concentración de equipos y la distribución de electricidad; no siendo así la cantidad de energía que estos sistemas producen.

Las cargas que se utilizan son lámparas fluorescentes de alta eficiencia, equipos de audio (radios, equipos de sonido de alta fidelidad), equipos de video (televisores de color, salas comunales de cine), equipos de computación, equipos de bombeo de agua potable, congeladores para fábricas de hielo, lámparas para iluminación pública y otros.

Las principales características de estos sistemas son:

- Mejor calidad en el suministro de energía eléctrica: Los sistemas centralizados proveen energía de gran calidad gracias a la utilización de inversores de mayor calidad. Por lo tanto, los usuarios pueden utilizar en sus hogares aparatos eléctricos o electrónicos que requieran un suministro de energía estable y seguro.
- Mayor robustez del sistema: Los equipos utilizados en los sistemas centralizados son construidos especialmente para resistir incrementos breves, pero intensos, de demanda de energía eléctrica. Además, la utilización de cargas altamente inductivas (por ejemplo, motores) no representa ningún problema. También, estos sistemas poseen protecciones contra descargas atmosféricas, contra abuso de la capacidad de los sistemas, alarmas contra sobredescargas, protecciones contra cortocircuitos, etc.
- Menor costo de la energía: La cualidad más importante de los sistemas fotovoltaicos centralizados, e interesante desde el punto de vista económico, es que permiten obtener energía a un costo más bajo que el de aquella que se obtiene con sistemas individuales. La disminución de los costos de producción de energía depende de la cantidad de viviendas y de cuan dispersas se encuentren éstas.

Cuanto mayor sea el número de viviendas y menor la distancia entre ellas, menor será el costo de la energía.

- Menor impacto ambiental: Otra ventaja de los sistemas centralizados es su bajo impacto ambiental. No existe la posibilidad de la contaminación producida por el abandono de baterías usadas con poca capacidad dado que la energía se acumula en un banco central de baterías de larga vida útil.
- Distribución centralizada: La desventaja más importante de los sistemas centralizados es la distribución equitativa de la energía entre la comunidad. La distribución centralizada requiere de la instalación de medidores de energía en cada vivienda. Esto normalmente no se hace debido al considerable incremento de costos que implica. Por lo tanto, siempre existirían problemas ocasionados por algunos usuarios que abusan de la disponibilidad de energía del sistema y de la falta de información que permita cobrar a cada familia, según su consumo energético.

2.4.5 Sistemas centralizados conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica (SFCR) constituyen una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica.

Estos sistemas están compuestos por paneles fotovoltaicos que se encuentran conectados a la red eléctrica convencional a través de un inversor, por lo que se produce un intercambio energético entre la red eléctrica y el sistema fotovoltaico. Así, el sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera el consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son una alternativa prometedora en el futuro de las energías renovables. En estos sistemas, la energía obtenida no se almacena sino que se provee directamente a la red eléctrica comercial. Esto implica por una parte que el banco de baterías ya no es necesario y, por otra, que se necesita de un equipo especial para adaptar la energía producida por los paneles a la energía de la red. Este tipo de sistemas provee energía eléctrica a núcleos urbanos que ya cuentan con una red de distribución de energía.

Las aplicaciones inmediatas son la venta de energía eléctrica o la reducción de la facturación mensual. Esta es una posibilidad muy interesante para inversiones privadas en el sector de energía limpia.

El uso de esta tecnología es reciente, pero existen experiencias interesantes en España, Alemania y Portugal que permiten suponer un desarrollo rápido de estos sistemas. Parece ser que la tecnología ha alcanzado un nivel de madurez aceptable; sin embargo, aún falta mucho por hacer en cuanto a la legislación que permita la venta de energía fotovoltaica de pequeños usuarios privados a empresas distribuidoras de energía convencional. (FOCER 2002)

2.5 Autónomos vs. Conectados a red

En los últimos años el empleo de los paneles solares en los techados de casas y edificios, llamados techos solares, ha promovido considerablemente el uso de la energía solar fotovoltaica debido al elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. En el 2000 se vendieron tantos sistemas autónomos como sistemas conectados a la red. En cambio, en el 2006 las ventas de estos últimos ascendieron a 83% del total. El futuro empleo masivo de la energía solar fotovoltaica estará indisolublemente asociado a los sistemas conectados a la red.

El fuerte incremento de las ventas de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) se debe esencialmente a la política desarrollada por Japón a favor de la energía fotovoltaica y particularmente su audaz programa de techos solares. Japón produce la mitad de la energía fotovoltaica mundial y es un ejemplo de política energética a imitar; sin yacimientos de combustibles fósiles, ha logrado desarrollar las nuevas fuentes renovables de energía y una gran eficiencia energética. Basta decir que Noruega (país con petróleo y grandes recursos hídricos) y Japón poseen índices de producto interno bruto por habitantes comparables y de los más altos en el planeta; sin embargo, el consumo de energía por habitante en Japón es 40% menor. Un plan acelerado a partir del presente siglo estableció la instalación de 50000 sistemas fotovoltaico de 10 kW en el sector residencial, en tanto sistemas de varias decenas de kilowatt han sido diseñados para el sector público e industrial, donde el gobierno japonés subsidia casi 50% del costo con los impuestos recaudados a la producción de energía eléctrica mediante carbón. Esta política ha

conllevado a que si en 1997 la mitad de la energía fotovoltaica (45.6 MW) estaba instalada a la red, diez años después casi la totalidad de los 2 GW se encuentran conectados a la red.

Alemania es otro país vanguardia en la producción de energía fotovoltaica que también posee una política que apoya la utilización de los SFGR. Por otra parte, los Estados Unidos a partir del presente siglo, con una política de desaceleración de las fuentes renovables de energía, alcanzó en el 2006 la paridad en las ventas de ambos sistemas.

En Cuba, las aplicaciones fotovoltaicas en el presente siglo han alcanzado importante auge con la instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) en locaciones rurales para funciones sociales, consultorios médicos, escuelas y centros culturales, que han cambiado favorablemente la vida de esas comunidades. En el archipiélago cubano más de medio millón de habitantes viven en comunidades aisladas donde la red eléctrica no llega, y los SFA constituyen casi la única opción para mejorar las condiciones de vida, añadiéndole a las necesidades primarias alcanzadas otros amparos de la electricidad. También hay un amplio campo en la utilización de los SFA que aún no se ha podido explotar: su empleo en la agricultura. Aunque en los próximos años se pronostica que las aplicaciones de los SFA prevalecerán, es muy importante iniciar en nuestro país la utilización de los SFGR, que será el futuro y permitirá el uso amplio de la energía fotovoltaica.(Hernández 2007)

2.6 Sistemas híbridos

Los sistemas híbridos para la generación de energía pueden ser definidos como la asociación de dos o más fuentes de energía con el objetivo básico de generar energía eléctrica, para una determinada carga aislada de la red o integrada al sistema. (Anexo IX Fig.2 y Fig.3)

Los sistemas híbridos están normalmente compuestos por fuentes renovables cuyos recursos son prácticamente inagotables y de ser necesario se complementan con grupos de generación con motores a combustión constituyéndose en una concreta opción, compatible a nivel medio ambiental y social.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan entre un 80–90 % de la necesidad energética, dejando al diesel solo la función de emergencia.

Los sistemas híbridos nacen de la unión de dos o más sistemas de generación, uno convencional y uno que utilice fuentes renovables, para garantizar una base de continuidad del servicio eléctrico. La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

- Una o más unidades de generación de fuentes renovables: eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica.
- Una o más unidades de generación convencional: diesel.
- Sistema de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico.
- Sistemas de condicionamiento de la potencia: inversor, rectificadores, reguladores de carga.
- Sistema de regulación y control.

Las aplicaciones más importantes de estos sistemas, se pueden resumir en las siguientes:

- Sistemas para usuarios o comunidades aisladas: Se trata de sistemas hasta un máximo de 100 kW de potencia.
- Sistemas híbridos insertados a redes: Se trata de sistemas renovables instalados en redes locales de media tensión, hasta la potencia en decenas de MW, con el fin de reducir las horas de funcionamiento de los generadores diesel existentes, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones contaminantes.
- Los sistemas combinados completamente renovables: Considerando las características intermitentes de las fuentes utilizadas, estos sistemas se pueden utilizar en aplicaciones conectadas a la red. Estos sistemas unen las tecnologías fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.
- Sistemas autosuficientes: En algunas situaciones, se pueden instalar sistemas híbridos completamente renovables, que permiten la autosuficiencia de la red eléctrica. Estos sistemas combinan una fuente continua, para cubrir la necesidad energética de base (biomasa y/o energía geotérmica), y una o más fuentes intermitentes, para cubrir los picos de potencia solicitada (hidroeléctrica, eólica, solar).

La principal ventaja de un sistema híbrido es la posibilidad del aprovechamiento conjunto y optimizado de los recursos locales disponibles, pudiendo garantizar altos niveles de calidad,

confiabilidad y rendimiento. Con reducción de costos en la instalación y operación del sistema.

Los sistemas híbridos representan actualmente una solución viable para las exigencias de energía eléctrica en áreas aisladas o no electrificadas. En el pasado, de hecho, se utilizaban solo generadores diesel, que, en la modalidad operativa de baja carga, muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costes de mantenimiento y un breve tiempo de vida de la instalación. Los sistemas híbridos permiten reducir esos problemas y aprovechar los recursos renovables existentes en el territorio, constituyendo una opción viable y favorable tanto ambiental como social.

2.6.1 Sistemas híbridos sin conexión a red

Para el diseño de este tipo de sistemas de generación es necesario realizar un estudio previo de la zona donde se quiere instalar. Este estudio revelará el potencial de la zona en cuanto a energías renovables (mapas solares, mapas eólicos) y se complementa con un estudio del perfil de cargas que tienen que alimentar, lo que permitirá dimensionar perfectamente el sistema.

Las ventajas de este tipo de sistema son:

- Utilización de energías renovables.
- Disponer de suministro eléctrico en una zona aislada, con lo que se posibilita su desarrollo económico y social.
- Ahorro en el consumo de combustible.
- Menor contaminación ambiental.

Su principal desventaja resulta ser el alto coste de inversión inicial, puesto que para el correcto dimensionamiento de este tipo de sistema, es necesario realizar un análisis económico detallado, que incluye el tiempo de amortización de la instalación.

2.6.2 Sistemas híbridos con conexión a red

Las características de los sistemas híbridos se exponen en el epígrafe 2.6 solo que en el caso de los conectados a red a diferencia de los aislados no se complementan con grupos de generación con motores a combustión debido a que la energía sobrante del sistema es entregada a la red de distribución de electricidad, y en caso de ser necesario durante un pico

de potencia, es entonces absorbida de la misma para satisfacer la demanda, lográndose así un intercambio energético entre ambas redes.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA SISTEMAS AUTÓNOMOS SIN CONEXIÓN A RED

El sistema fotovoltaico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que este pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por la carga, usando como combustible la energía solar. En el capítulo precedente se aborda con más detalles las funciones de cada uno de los componentes.

En el capítulo se expone la metodología de cálculo para sistemas autónomos sin conexión a red. Se utiliza como herramienta para la elaboración de los proyectos un programa en Matlab que permite el cálculo de cada uno de los elementos del sistema, a partir de la estructura de carga definida. En epígrafes posteriores se darán más detalles al respecto. Los resultados obtenidos de la etapa de proyecto de cada uno de los componentes del sistema, se encuentran formando una estructura de datos que posibilitarán en una etapa posterior a este trabajo la simulación del sistema a partir de modelos matemáticos que serán implementados en Matlab-Simulink.

Existen *software* elaborados para tales fines, por empresas que fabrican y comercializan la mayor parte de los componentes de los sistemas, por ejemplo Isofoton, sin embargo los cálculos se realizan a partir de los productos que fabrican y atendiendo a metodologías de diseño que difieren un tanto de la filosofía que se sigue en este caso.

A continuación se estructura por epígrafes la metodología desarrollada y se explican los principales elementos que se tomaron en consideración para desarrollar los cálculos del proyecto fotovoltaico.

Finalmente se exponen los resultados de la aplicación de la metodología en la realización de un proyecto elaborado por la empresa COPEXTEL y que se encuentra instalado y funcionando correctamente en la cooperativa pesquera de la presa Palma Sola, perteneciente a la empresa Pescavilla.

3.1 Proyecto fotovoltaico de sistemas aislados

La metodología de cálculo empleada, permite la selección de cada uno de los componentes del sistema de manera rápida y óptima con el objetivo de reducir al mínimo el costo de la inversión del sistema, a partir de realizarse una caracterización exhaustiva de la carga eléctrica a instalar.

La figura 3.1 muestra la estructura inicial del *software* implementado. Desde esta figura se accede al cálculo de cada uno de los componentes del sistema. En la propia figura el proyectista define los datos iniciales del proyecto fotovoltaico: selecciona los voltajes tanto del arreglo fotovoltaico, como el de la carga eléctrica y también asigna los datos del lugar donde se instalará el sistema fotovoltaico. Una vez confirmados estos datos por el botón aceptar en cada caso, los datos no pueden ser cambiados durante el cálculo del proyecto.

En la parte inferior de la figura aparece un esquema en bloques del sistema aislado, donde aparecen cada uno de los componentes del sistema. Cuando el proyectista pulsa cada uno de los bloques procede a realizar los cálculos de cada uno de los componentes del sistema. Por supuesto que inicialmente los bloques estarán deshabilitados hasta tanto se confirmen los datos iniciales que son indispensables para los cálculos, de igual manera los cálculos se podrán ir realizando en la misma medida en que se han realizado los cálculos precedentes.

Los cálculos al igual que en la proyección de cualquier sistema eléctrico se realizan partiendo de la carga hasta llegar a dimensionar la capacidad de la fuente. El componente del sistema que puede ser calculado en cada momento, se le muestra al proyectista en rojo y una vez calculado se deshabilita durante la realización del proyecto.

ProyectoFotovoltaico

PROYECTO FOTOVOLTAICO DE SISTEMAS AISLADOS

Selección de voltajes (V)

Arreglo Fotovoltaico: 24
Carga Electrica: 110
Aceptar

Datos del Lugar

Datos Solares: Radiacion W/m²: 1000, Temperatura Celcius: 25, Dias Nublados: 3
Horario de cobertura solar: Desde: 09:30 Am, Hasta: 5:00 Pm
Aceptar

Esquema en bloques del sistema aislado

Arreglo FV → Regulador → Banco Baterias → Inversor → Carga

Figura 3.1. Ventana principal para el cálculo de los sistemas Fotovoltaicos Aislados

3.2 Carga eléctrica

Una de las diferencias sustanciales de este *software* radica precisamente en la forma en que se estima la carga del sistema. Se confecciona un gráfico horario donde el proyectista introduce un grupo de datos que caracterizan cada una de las cargas.

El *software* facilita al proyectista un listado de las cargas típicas, más frecuentes en este tipo sistema. Al seleccionar una carga específica sus datos nominales aparecen listados en la parte inferior donde están agrupados dichos datos. Una característica distintiva de la carga lo representa la categoría donde se puede determinar si la carga es de primera o segunda categoría. Esto permite clasificar las cargas atendiendo a su régimen de trabajo, por cuanto el explotador del sistema debe tomar medidas de ahorro, durante la época en que la cobertura solar es baja. Contemplar este dato a la hora de caracterizar las cargas posee gran importancia, porque facilita que los resultados en el dimensionamiento del sistema propicie la operación segura del mismo con el menor costo de inversión.

El proyectista también selecciona las horas de trabajo de las diferentes cargas que serán utilizadas en el proyecto. Mientras existan datos incompletos el *software* no aceptará que se introduzca la carga eléctrica a la proyección del sistema. En la parte inferior de los datos

nominales, aparecen listadas las cargas eléctricas que forman parte del sistema, donde se puede supervisar los datos más significativos de cada una de ellas.

De igual forma el proyectista tiene acceso a visualizar el gráfico horario de cada una de las cargas eléctricas en particular, a través de la selección en la lista dinámica que se irá conformando en la medida que él vaya introduciendo las cargas al sistema. De cada una de estas cargas se puede visualizar las siguientes magnitudes eléctricas:

1. Potencia activa
2. Potencia reactiva
3. Potencia aparente
4. Corriente RMS

En la parte inferior de la figura aparece un botón (siguiente), que cuando el proyectista lo usa, retorna a la pantalla inicial dando la posibilidad de seleccionar el próximo componente del sistema. El *software* genera una estructura de datos donde aparece en detalle por hora cada uno de los datos que caracteriza a cada una de las cargas.

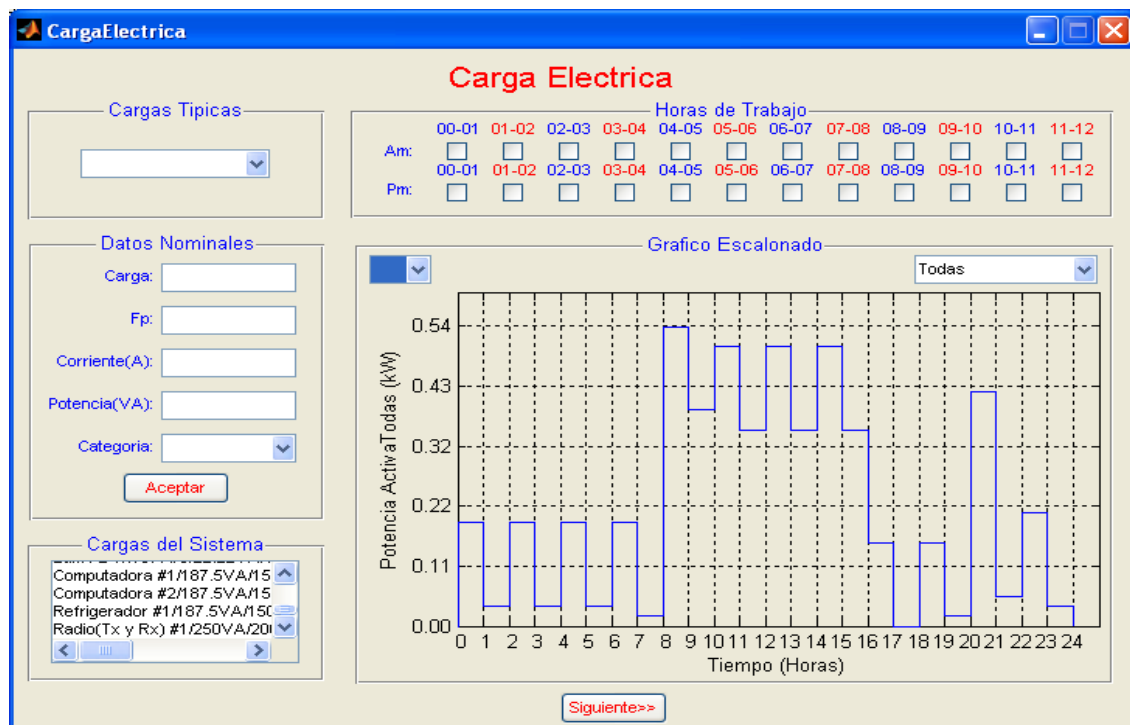


Figura 3.2. Gráfico de cargas de todas las cargas que interviene en el trabajo durante un día normal

3.3 Selección del inversor

La figura 3.3 muestra la pantalla que se visualiza para seleccionar el inversor. El proyectista puede seleccionar el modelo del inversor que desea usar atendiendo a las existencias, o a su preferencia. En la lista donde se selecciona el inversor aparecen los que forman parte de la base de datos que sus voltajes son compatibles con los voltajes seleccionados inicialmente. Esto trae como ventaja que el proyectista no cometa errores en la selección del modelo de inversor que desea comprobar pueda ser usado en el sistema. De no ser posible su uso el *software* orienta que se debe seleccionar un inversor de más capacidad.



Figura 3.3. Cálculo del inversor

Para la selección del inversor se toman en consideración además de los voltajes, la magnitud de la corriente que debe manejar atendiendo a las exigencias de la carga, así como la sobrecarga admisible máxima que puede soportar.

En la figura aparecen los resultados que se obtienen sobre el inversor seleccionado y los porcentajes de carga y sobrecarga al cual se encontrará trabajando en el sistema. De igual manera el algoritmo desarrollado genera una estructura de datos con todos los datos del inversor seleccionado.

Al igual que se explicó para el caso anterior al pulsar el botón (siguiente), el que se habilita una vez obtenidos resultados en los cálculos, se retorna a la pantalla principal para poder continuar desarrollando los cálculos de los componentes del sistema.

3.4 Selección del banco de baterías

La figura 3.4 muestra la pantalla que se visualiza para la selección del banco de baterías. Al igual que en el caso anterior el proyectista puede seleccionar el tipo de baterías que desea utilizar en el proyecto. De igual manera tiene que precisar la profundidad de descarga que requiere en su proyecto. Seleccionar una mayor profundidad de descarga posibilita que el banco de baterías seleccionado posea un menor número de baterías que para una profundidad de descarga menor; pero la vida útil del banco es menor. Estos compromisos pueden ser evaluados por el proyectista en sus cálculos.

Una vez seleccionada la batería a ser usada en el banco y su profundidad de descarga, se obtienen los resultados del banco de baterías necesarios (Ver Fig. 3.4), en la cual se muestran los resultados de un ejemplo de cálculo. Los resultados están en correspondencia con las restricciones del algoritmo de cálculo empleado y muestran no sólo los datos de las baterías, sino también el comportamiento real de las mismas en el sistema en cuanto a profundidad de descarga y duración del banco, de igual manera se brinda como resultado la forma de conformar el banco.

Como se trató en el capítulo anterior, las baterías se usan para suplir las necesidades energéticas durante la noche y los instantes de tiempo en que durante es día la carga pico es superior a la que aporta el arreglo fotovoltaico, o durante horarios en que exista baja cobertura solar.

Todos estos elementos se toman en consideración para calcular el banco de baterías, además en el algoritmo implementado aparece como una restricción necesaria que el banco de baterías recupere toda la energía cedida a la carga en el tiempo de cobertura solar y en función de la energía disponible por el arreglo fotovoltaico.

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 3.4 donde no solo aparecen los datos de la batería seleccionada, sino también se muestran los resultados del arreglo serie-paralelo de las baterías en el banco, así como la profundidad de descarga real y el tiempo de vida

útil de la batería, el cual se ve afectado por la cantidad de ciclos de carga y descarga, la profundidad de descarga y la temperatura de trabajo del electrolito.

Como resultado también se obtiene una estructura de datos donde aparecen todos los datos de la batería seleccionada y el banco de baterías.

BancoBaterias

Selección Banco de Baterías

Datos de Baterías para la Selección

Tipo de Batería: Trojan T-105

Profundidad de Descarga: 80

Aceptar

Resultados del Banco de Baterías

Tipo de Batería: Trojan T-105

Ahoras: 217

Voltaje (V): 6

Numero de Baterías del Banco: 8

Numero de Ramas Paralelo: 2

Numero de Baterías en Serie: 4

Profundidad de Descarga: 0.40083

Duracion de las Baterías (En Años): 4.9315

Siguiente>>

Figura 3.4. Cálculo del banco de baterías

3.5 Selección del regulador de carga

La selección del regulador de carga se realiza atendiendo a la selección que realice el proyectista en la lista de reguladores que forman parte de la base de datos y que son los más utilizados en el país.

La pantalla para la selección del regulador de carga, se muestra en la figura 3.5. en el algoritmo de selección se toma en consideración la corriente que circula por el regulador y su capacidad máxima de sobrecarga. Adicionalmente el programa posee como restricción que el límite máximo de conexión de reguladores en paralelo, no supere la cantidad de tres. De no existir una solución viable con el regulador seleccionado por el proyectista, el sistema le da recomendaciones al proyectista de los pasos que debe seguir.

Aunque la cantidad de reguladores a conectar en paralelo pudiera ser cualquiera, en el orden práctico complica la instalación del sistema sobre todo en la cantidad de cables que habría que conectar entre los paneles fotovoltaicos del arreglo y los reguladores de carga.

Los resultados no solo muestran los datos nominales del regulador sino que precisan la cantidad de reguladores necesarios y el porcentaje de carga al cual trabaja cada regulador. Una vez calculado el regulador de carga, pulsando el botón (siguiente), se retorna a la pantalla principal para proseguir el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.



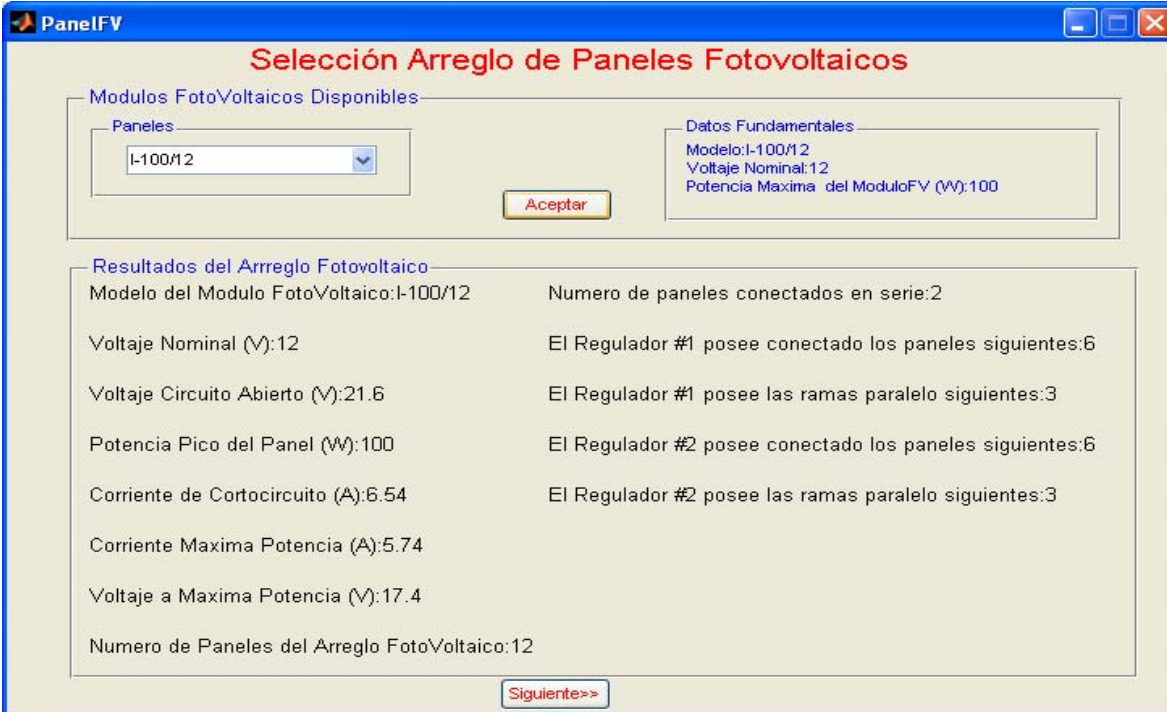
Figura 3.5. Cálculo del regulador de carga

3.6 Selección del arreglo fotovoltaico

La figura 3.6 muestra la pantalla utilizada en el *software* para auxiliar al proyectista en la selección del arreglo fotovoltaico. También se muestra un listado de paneles fotovoltaicos disponibles, que se encuentran relacionados en la base de datos que pueden ser utilizados en el arreglo fotovoltaico atendiendo al voltaje del arreglo seleccionado en el proyecto. Esto evita que el proyectista pueda cometer errores a la hora de seleccionar el panel fotovoltaico.

En la parte inferior de la figura se muestran los resultados del cálculo del arreglo fotovoltaico. Aquí no solo se muestra al proyectista los datos nominales del panel seleccionado, sino que también le dan los resultados siguientes: El número de paneles de las redes fotovoltaicos, el número de paneles a conectar en serie y la configuración serie- paralelo del arreglo fotovoltaico conectado a cada uno de los reguladores de carga que hayan sido calculados anteriormente, atendiendo a criterios de selección del proyectista.

El algoritmo de cálculo del arreglo fotovoltaico toma en cuenta la curva Volt-Amperes del panel, para determinar en base al valor promedio de potencia necesaria que se necesita generar para suplir los requerimientos de la carga. Además toma en consideración la temperatura del lugar para la determinación de la corriente inversa y la radiación para ajustes de corriente de cortocircuito del panel, en función de la radiación solar media seleccionada inicialmente. A partir del procedimiento de cálculo se calcula la potencia que aporta cada panel. Estos elementos propician obtener con elevada precisión el arreglo fotovoltaico necesario.



PanelFV

Selección Arreglo de Paneles Fotovoltaicos

Modulos FotoVoltaicos Disponibles

Paneles: I-100/12

Datos Fundamentales

Modelo: I-100/12
Voltaje Nominal: 12
Potencia Maxima del ModuloFV (W): 100

Aceptar

Resultados del Arreglo Fotovoltaico

Modelo del Modulo FotoVoltaico: I-100/12	Numero de paneles conectados en serie: 2
Voltaje Nominal (V): 12	El Regulador #1 posee conectado los paneles siguientes: 6
Voltaje Circuito Abierto (V): 21.6	El Regulador #1 posee las ramas paralelo siguientes: 3
Potencia Pico del Panel (W): 100	El Regulador #2 posee conectado los paneles siguientes: 6
Corriente de Cortocircuito (A): 6.54	El Regulador #2 posee las ramas paralelo siguientes: 3
Corriente Maxima Potencia (A): 5.74	
Voltaje a Maxima Potencia (V): 17.4	
Numero de Paneles del Arreglo FotoVoltaico: 12	

Siguiente>>

Figura 3.6 Cálculo del arreglo de paneles

3.7 Resultados

El cálculo del sistema fotovoltaico que se realiza es en la Presa Palma Sola instalación perteneciente a la empresa Pescavilla. La distribución de las cargas es la siguiente: la oficina del administrador tiene una luminaria, al igual que el baño, el comedor, la cocina, la garita, y los corrales. El local de proceso posee dos luminarias, en la oficina del director además de una luminaria hay dos computadoras, y en el almacén hay un refrigerador. (Todas las luminarias son de 1×18). La otra carga perteneciente al sistema, es una planta de radio que se usa alrededor de una hora durante el día. La tabla 3.1 muestra la forma en que el proyectista debe de estructurar los datos para poder ser introducidos en el *software*.

Tabla 3.1. Datos de las cargas de la instalación Presa Palmarito

Tipo de carga	Horario de trabajo estimado (horas)	Categoría del receptor
Luminaria 1 (1×18)	8 PM – 7 AM	Primera
Luminaria 2 (1×18)	8 AM – 10 AM	Segunda
Luminaria 3 (1×18)	8 AM – 4 PM	Segunda
Luminaria 4 (1×18)	8 AM – 4 PM	Segunda
Luminaria 5 (1×18)	8 AM – 10 AM	Segunda
Luminaria 6 (1×18)	8 PM – 11PM	Primera
Luminaria 7 (1×18)	7 PM – 9 PM	Primera
Luminaria 8 (1×18)	8 AM – 4 PM	Segunda
Luminaria 9 (1×18)	8 PM – 8 AM	Primera
Computadora 1	8 AM – 4 PM	Primera
Computadora 2	8 AM – 4 PM	Segunda
Refrigerador	*	Segunda
Planta de radio	1 hora	Primera

* El horario de trabajo del refrigerador está predeterminado en la programación atendiendo al factor de régimen de trabajo de este consumidor.

Las figuras anteriores, que fueron usadas para ilustrar la metodología de cálculo implementada, son las que se usaron para la implementación de este proyecto.

La tabla 3.2 muestra el resultado de los componentes del sistema que hay que suministrar al instalador para la ejecución del montaje del proyecto, adicionalmente a los receptores de carga que pueden ser suministrados o pueden estar en manos del usuario.

Tabla 3.2. Resultados del cálculo

Descripción de los componentes	U/m	Cantidad
Inversor DR 2424	uno	1
Batería Trojan T-105	una	8
Regulador Isoler 20	uno	2
Panel fotovoltaico I-100/12	uno	12

3.8 Conclusiones del capítulo

Se realiza una descripción de los principales elementos que se tuvieron en cuenta para el cálculo de cada uno de los elementos del sistema, así como se muestran los resultados que mediante el *software* fueron obtenidos para la implementación de un proyecto real que ya se encuentra instalado y funcionando en perfecto estado en la cooperativa pesquera Palma Sola, perteneciente a la empresa Pescavilla.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1 El capítulo 1 es un magnífico material de consulta para las personas interesadas en el tema. En este capítulo se exponen las principales características, formas de uso, ventajas y desventajas de cada una de las energías renovables, lo que constituye una fuente bibliográfica de gran valor.
- 2 El capítulo 2 constituye un buen material, para comprender el papel que juega cada uno de los componentes que forman parte del sistema fotovoltaico, además de profundizar en los principales aspectos a tener en cuenta para su proyección.
- 3 El capítulo 3 ofrece una metodología de cálculo que fue implementada en Matlab, para facilitar al proyectista:
 - Rapidez en la obtención de resultados.
 - Emplear un *software*, a su alcance, que en sus bases de datos cuenta con componentes del sistema existentes en el país, la cual también puede ser ampliada.
 - Lograr abaratar los costos de inversión de la instalación fotovoltaica, atendiendo a la filosofía del procedimiento implementado, que difiere un tanto de las utilizadas hasta el momento.
 - Mediante el uso de la metodología de cálculo propuesta y el *software* elaborado, se realizó un proyecto el que fue instalado por la empresa COPEXTEL, en la presa Palma Sola perteneciente a la empresa Pescavilla, el que se encuentra trabajando en perfecto estado técnico.

Recomendaciones

Continuar trabajando en la modelación matemática de los componentes, con las estructuras de datos obtenidas para cada componente del sistema, que están preparadas para ser exportadas a Simulink, para que una vez el proyectista haya rebasado la etapa de proyecto, pueda como etapa final obtener la simulación del sistema fotovoltaico lo más cerca de la realidad, para evaluar su comportamiento y hacer cualquier corrección necesaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altshuler., J., M. A. A. Ávila, et al. (2004). "Energías renovables." Tabloide universidad para todos.
- Candel, N. C. (2005). Mini Centrales Hidroeléctricas. Departamento de Tecnología Energética y Fluidomecánica. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid.
- Chacón, J. A. G. (2006). Tecnología del biogás. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Dickson, M. H. and M. Fanelli (2002). ¿Qué es la Energía Geotérmica? Pisa, Italia.
- Ecrenaz, T. and J. P. Bibring (1987). The solar system. Springer.
- Figueredo, C. M. (2006). Energía eólica. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Figueredo, C. M., J. M. Escanaverino, et al. (2007). Diez preguntas sobre Energía Eólica. Ciudad de La Habana.
- FOCER (2002). Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica. San José, Costa Rica.
- Green, M. A. (1998). Solar Cells. Australia.
- Hernández, L. (2007). Sistemas fotovoltaicos:¿ autónomos o conectados a la red? Energía y tú. Ciudad de La Habana, Cuba. N° 38.
- Jímenez, J. M. (2009). El ariete hidráulico. México.
- Laborda, J. M. G. C. y. J. Á. G. (2006). biocarburantes líquidos: biodiésel y bioetanol. Madrid, España.
- OMPI (2008). El cambio climático un desafío tecnológico. Revista de la OMPI. Ginebra, Suiza. N° 1.
- Rey, A. F. (1997). Energía mareomotriz. Rennes, Francia.
- Soltermia, E. r. (2007). "Aplicaciones Prácticas de la Energía Solar."
- Tilca, F. e. a. (1999). Conclusiones finales sobre la conveniencia del uso de algunos materiales en cocinas solares tipo caja.
- Turrini, E. (2004). Ideología solar: hacia la vida. Ciudad de la Habana, Cuba, Cubasolar.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACS: Agua Caliente Sanitaria

Álabe: Cada una de las paletas curvas de la turbina.

Áreas geotermales: Área geográfica con características térmicas propicias para la implementación de energía geotérmica

ATA: Agua a Temperatura Ambiente.

Atmósfera: Capa de aire o mezcla de gases que rodea la Tierra.

Autónomos conectados a la red: Sistemas solares autoabastecidos que se conectan a la red comercial de electricidad para aportar la energía sobrante del consumo para el cual fue diseñado.

Banco central de baterías: Baterías conectadas en arreglos serie-paralelo del cual y para el cual fluye la energía consumida y generada por un sistema

Basamento: Parte del suelo que no pertenece a la capa vegetal, que se encuentra firme cerca de la superficie

Baterías fotovoltaicas: Baterías de acumuladores usadas para aplicaciones fotovoltaicas (Véase anexo 2.2)

Baterías libres de mantenimiento: Baterías de gel impregnado en una sustancia absorbente, a las cuales no se le adiciona agua destilada ni se le realiza ningún tipo de mantenimiento.

Biodiesel: Combustible obtenido a partir de materias vegetales que no contaminan el medio ambiente ya que tienen un saldo nulo de emisiones, ya que el CO₂ que se emite durante su producción y uso se compensa por el absorbido por las plantas en su crecimiento.

Biodigestor: Campana de fermentación donde se produce y colecta el biogás

Biogás: Término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal o los productos de desecho de los vegetales.

Biomasa: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Boiler: Tipo específico de Calentador eléctrico

Bomba de Ariete: Bomba que funciona a partir del golpe de ariete, fenómeno físico que se produce a partir de aire en sistemas hidráulicos (véase anexo 4)

Campos geotérmicos: Extensiones de tierra donde el gradiente de temperatura del subsuelo está muy por encima del valor promedio

Cavitación: Formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión.

Celda electrolítica: Cuba donde se producen reacciones electroquímicas y se genera electricidad a partir de esta

Celda fotovoltaica: Capa de material semiconductor de silicio donde la luz excita los electrones. Esto produce corriente eléctrica.

Central térmica ó termoeléctrica: Es la instalación que genera energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fuel o gas en una caldera diseñada al efecto.

Centrales hidroeléctricas: Instalación realizada en grandes embalses o ríos para producir electricidad a partir de la energía cinética del agua al caer a grandes alturas.

Cieno de fermentación: Materia orgánica empleada para ser fermentada y así lograr la obtención de biogás.

Cocina solar: Dispositivo usado para emplear la energía solar en el calentamiento de un recipiente y usarlo en la cocción de alimentos.

Colector solar: Dispositivo concentrador de los rayos del sol diseñado para absorber su energía mediante los principios de absorción de cuerpo negro y efecto invernadero y emplearlos en el calentamiento de una superficie para luego transferirlo a un fluido determinado, principalmente agua.

Combustibles fósiles: Sustancias ricas en energía que se han formado a partir de plantas y microorganismos sometidos a altas presiones en el interior de la tierra durante un tiempo prolongado. Los combustibles fósiles incluyen el petróleo, el carbón y el gas natural.

Convección: Transporte en un fluido de una magnitud física, como masa, electricidad o calor, por desplazamiento de sus moléculas debido a diferencias de densidad.

Descomposición termoquímica: Disociación de la molécula de agua por ciclos de oxidación-reducción.

Efecto invernadero: Efecto que se produce al pasar la luz solar a través de un medio transparente o semitransparente y su energía es convertida en calor al producirse el contacto con determinada superficie. Este término se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre.

Efecto fotovoltaico: Formación y liberación de partículas eléctricamente cargadas que se produce en la materia cuando es irradiada con luz u otra radiación electromagnética

Electrólisis: Descomposición de una sustancia en disolución mediante la corriente eléctrica.

Emplazamiento: Lugar destinado a la instalación de determinada tecnología.

Energía de la biomasa: Es el combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos.

Energía eólica: Energía producida por el viento. Es infinita su disponibilidad en función lineal a la superficie expuesta a su incidencia.

Energía fotovoltaica: Es la energía que se obtiene mediante los dispositivos que funcionan a partir del efecto fotoeléctrico.

Energía Geotérmica: Se basa en el hecho de que la Tierra está más caliente cuanto más se perfora, puede derivarse de vapor de agua atrapado a gran profundidad bajo la superficie terrestre.

Energía hidráulica: Energía producida por un fluido determinado como lo es la que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas.

Energía mareomotérmica: Es la energía que se obtiene a partir de la diferencia de temperatura que existe en los océanos en la medida que se aumenta la profundidad.

Energía solar térmica: Energía calorífica obtenida a partir del sol.

Energía Solar: Energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión.

Energía: Trabajo contenido en los cuerpos.

Energías no renovables: Son las fuentes de energías que están limitadas en el tiempo, cuyo consumo implica su desaparición en la naturaleza sin posibilidad de renovación.

Energías renovables: Son aquellas que no se agotan con el paso del tiempo.

Fotólisis: Descomposición de una sustancia por acción de la luz.

Gas LP: Gas Licuado a Presión.

Gasóleo: Fracción destilada del petróleo crudo, que se purifica especialmente para eliminar el azufre. Se usa normalmente en los motores diésel y como combustible en hogares abiertos.

Golpe de Ariete: Fenómeno físico que se produce a partir de aire en sistemas hidráulicos

Gradiente geotérmico: Cambio de alguna magnitud física en función de la profundidad del suelo.

Gradiente térmico: Razón de cambio de la temperatura en determinada dirección en algún medio

Helióstato: Aparato que, mediante un servomecanismo, hace que una superficie siga el movimiento diurno del Sol, recogiendo así la máxima energía para su utilización.

Hidroeléctrica: Turbina impulsada por la energía de la caída del agua de un nivel a otro

Hidrógeno solar: Obtención de hidrógeno a partir de la energía del sol

Impulsiones: Impulso

Intrusión magmática: Perforación hacia el interior de la tierra a grandes profundidades.

Invernaderos: Recinto en el que se logra un aumento de la temperatura, humedad favorable y otros factores ambientales para favorecer el cultivo de plantas.

Inversor electrónico: Equipo que mediante dispositivos semiconductores realiza la conversión de corriente directa a corriente alterna.

Mareomotriz: Movimiento provocado por las mareas.

Mini hidroeléctrica: Hidroeléctrica de baja potencia.

Módulos o paneles solares fotovoltaicos: Dispositivo empleado para aprovechar la energía fotovoltaica en la obtención de electricidad, estos pueden ser de diversos tipos en función de la estructura semiconductor empleada.

Pasteurizar: Elevar la temperatura de un alimento líquido a un nivel inferior al de su punto de ebullición durante un corto tiempo, enfriándolo después rápidamente, con el fin de destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido.

Planta geotermoeléctrica: Instalación empleada para a partir de la energía geotérmica generar electricidad.

Plantas geotérmicas: Instalación que se emplea para aprovechar la energía del interior de la tierra en determinado proceso.

Radiación infrarroja: Es la zona del espectro situada inmediatamente después de la zona roja de la radiación visible, su longitud de onda es menor que la de las ondas de radio y mayor que la de la luz visible esta oscila entre aproximadamente 10^{-6} y 10^{-3} metros.

Radiación ultravioleta: Es la zona del espectro situada inmediatamente antes de la zona violeta de la radiación visible cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nm hasta los 15 nm, donde empiezan los rayos X.

Rectificadores: Aparatos que transforman una corriente alterna en corriente continua.

Recursos energéticos: Conjunto de medios con los que los países del mundo intentan cubrir sus necesidades de energía.

Regulador o controlador de carga: Dispositivo electrónico que se emplea para regular la cantidad de carga que fluye hacia una batería

Reservorio: Depósito, estanque.

Secador solar: Secador de alimentos, plantas o cualquier tipo de materia a partir de la energía del sol

Semiconductores: Se dice de las sustancias aislantes, como el germanio y el silicio, que se transforman en conductores por la adición de determinadas impurezas.

Serpentín: Tubo largo en línea espiral o quebrada.

Sistema fotovoltaico: Es el que se encarga de la transformación de la energía del sol en energía eléctrica a partir del principio fotoeléctrico.

Sistemas híbridos con conexión a la red: Sistema de generación de energía en el que intervienen al menos dos fuentes de energía de diferente tipo, y se conectan a la red de distribución comercial.

Sistemas híbridos sin conexión a la red: Sistema de generación de energía en el que intervienen al menos dos fuentes de energía de diferente tipo y funcionan de manera aislada.

Sistemas híbridos: Sistema de generación de energía en el que intervienen al menos dos fuentes de energía de diferente tipo.

Techos solares: Techo que está formado por paneles solares para la generación de electricidad.

Ventosas: Abertura que se hace en algunos sistemas para dar paso al aire, y especialmente la que se deja en los puntos más elevados de una tubería hidráulica.

ANEXOS

Anexo I El Sol

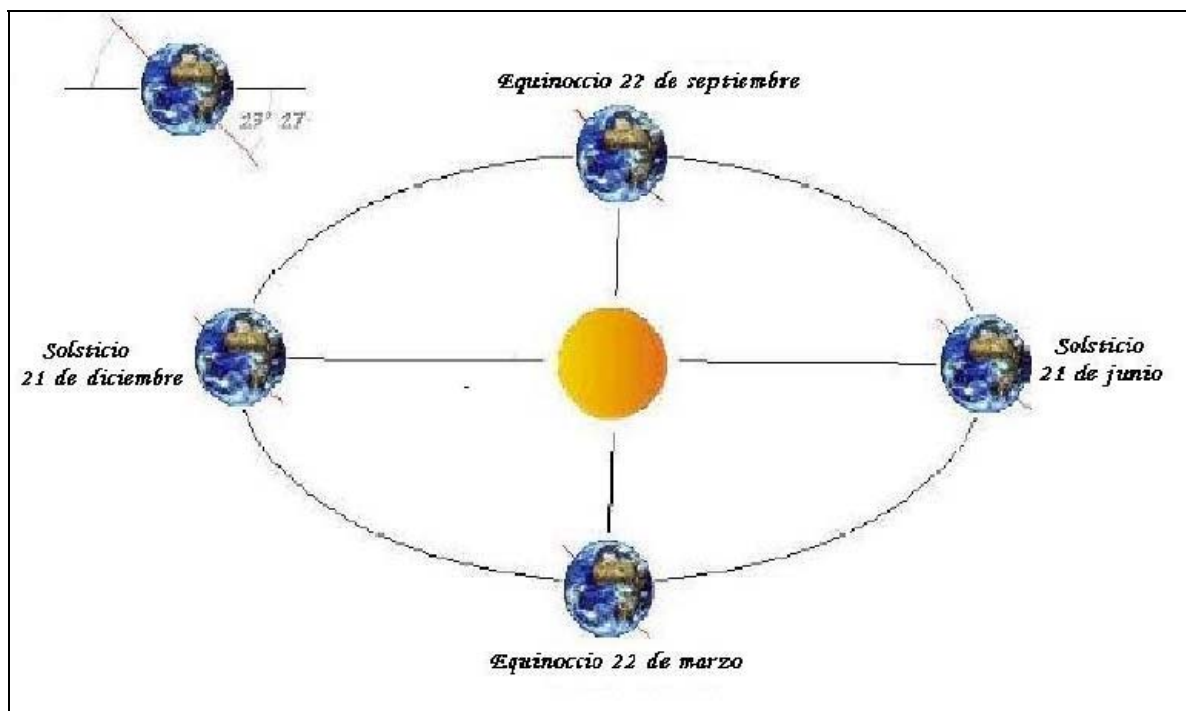


Fig. 1 Trayectoria de la Tierra alrededor del Sol

Anexo II Energía solar térmica



Fig. 1 Termoelectrica que funciona mediante la energía solar térmica.



Fig. 2 Colector solar de placa plana



Fig. 3 Colector solar de caucho



Fig. 4 Tubos de calor



Fig.5 Colector cónico o esférico



Fig. 6 Concentrador cilíndrico

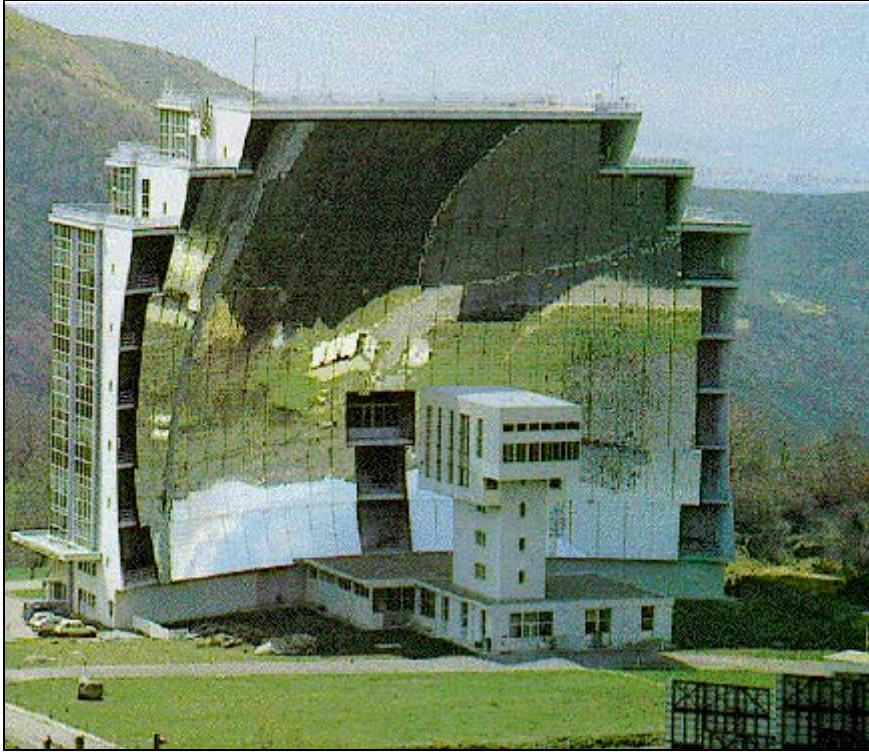


Fig. 7 Concentrador paraboloide

Anexo III Energía eólica





Fig. 1 Ejemplos de sistemas avanzados de bombeo eólico eléctrico

Anexo IV Energía hidráulica



Fig.1 Ejemplos de instalaciones hidroeléctricas

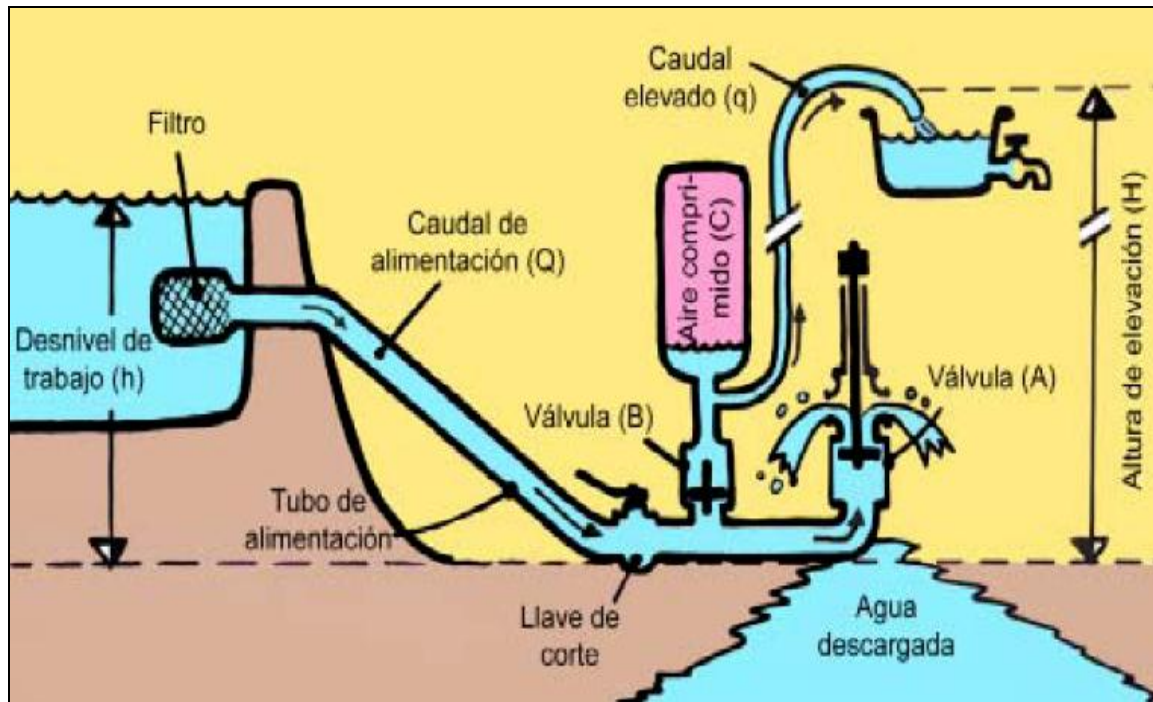


Fig. 2 Golpe de ariete

Anexo V Energía geotérmica



Fig. 1 Ejemplos de energía geotérmica

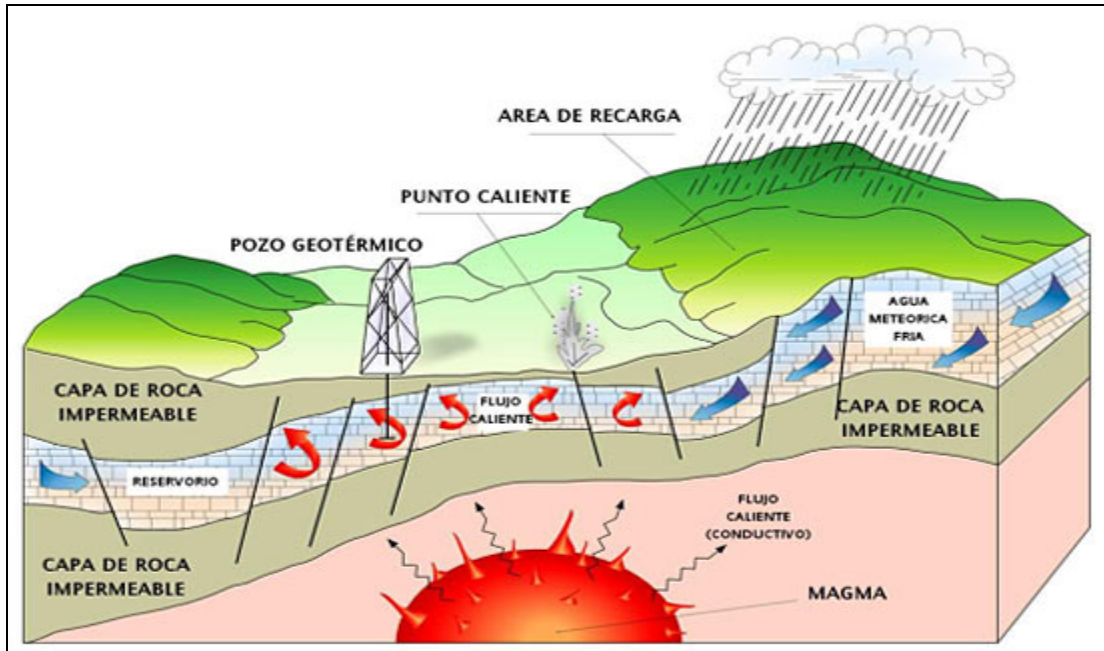


Fig. 2 Formación de la energía geotérmica

Anexo VI Energía de la biomasa

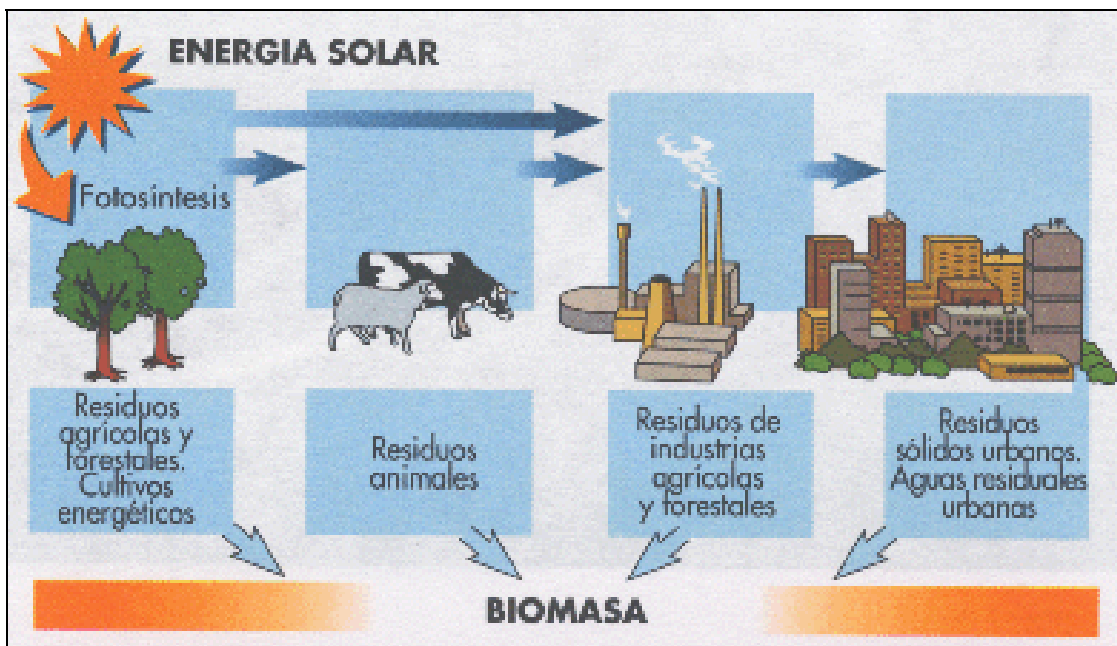


Fig. 1 Formación de la biomasa

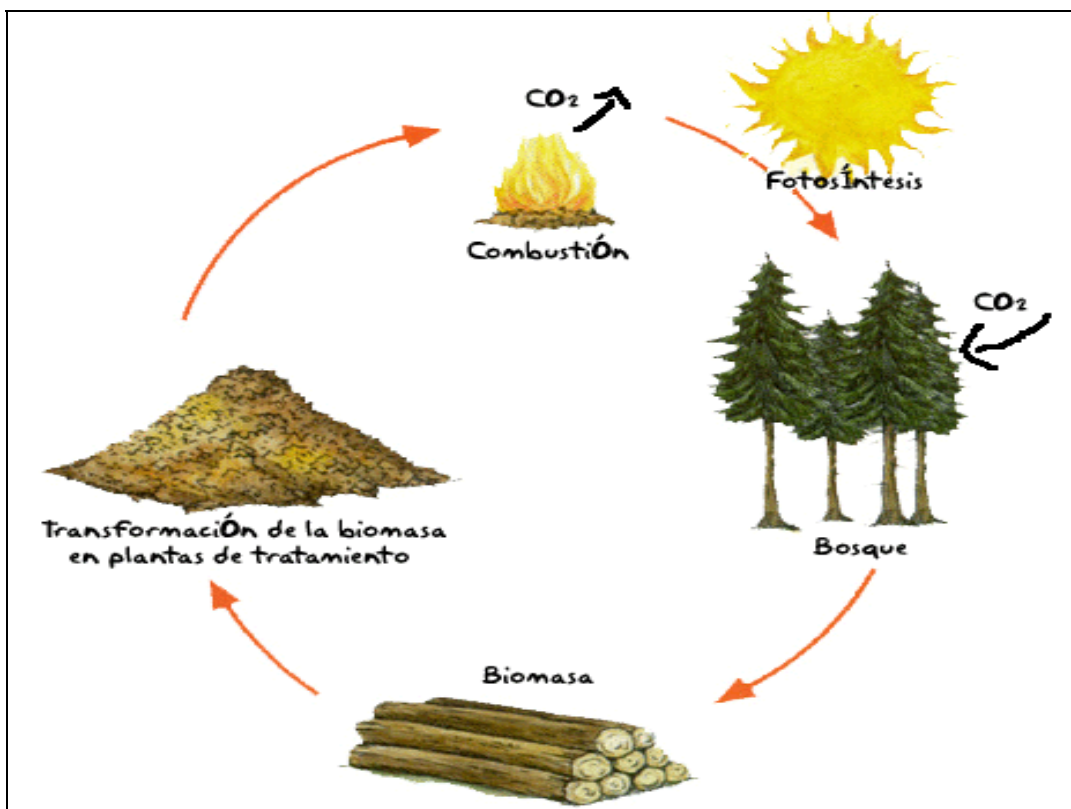


Fig. 2 Ciclo de la biomasa

Anexo VII Energía de hidrógeno solar

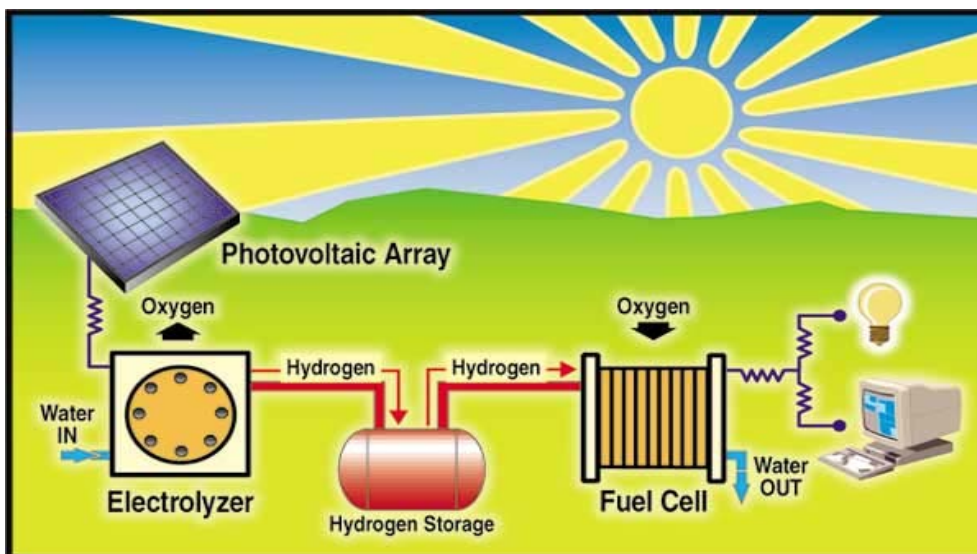


Fig. 1 Proceso de utilización del hidrógeno solar

Anexo VIII Energía solar fotovoltaica**Fig. 1 Módulos o paneles fotovoltaicos**



Fig. 2 Baterías Trojan



Fig. 3 Baterías Sprinter

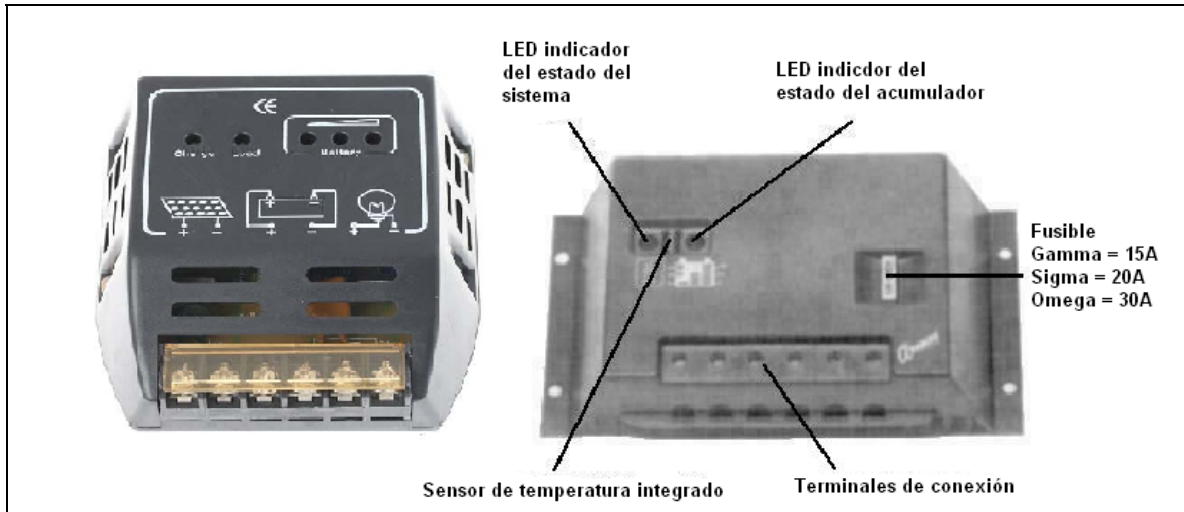


Fig. 4 Reguladores o controladores de carga



Fig. 5 Inversores

Anexo IX Sistemas híbridos

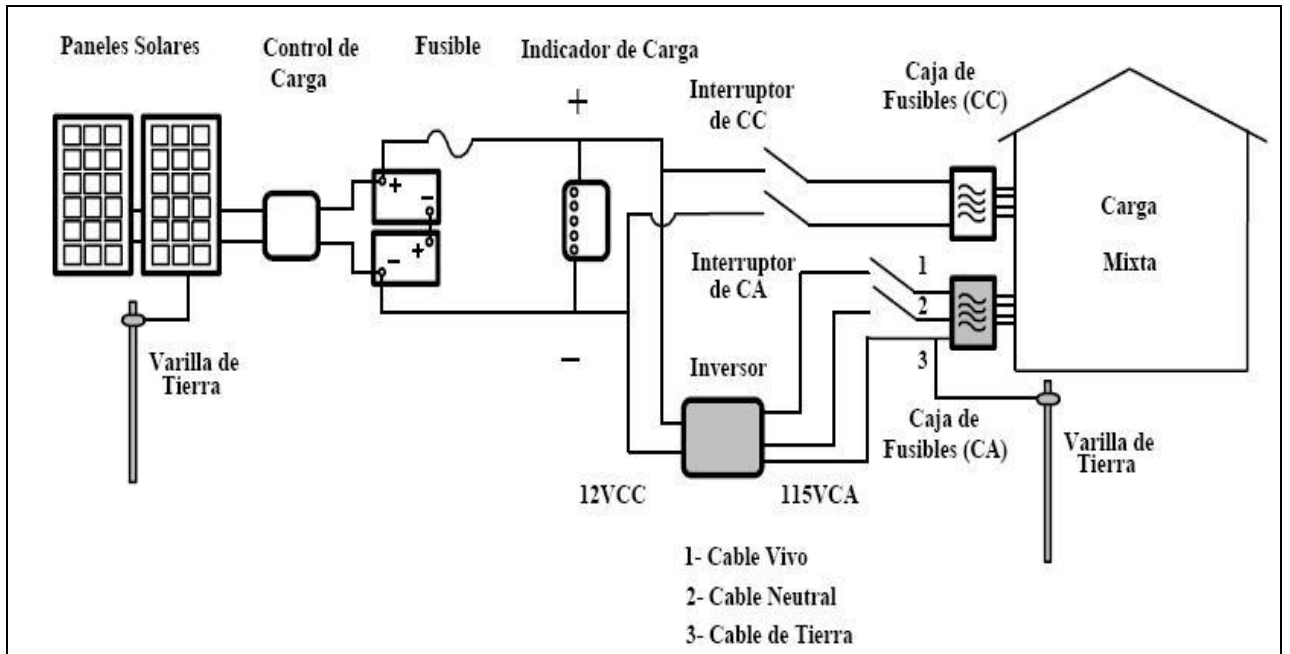


Fig. 1 Diagrama en bloques de un sistema fotovoltaico mixto

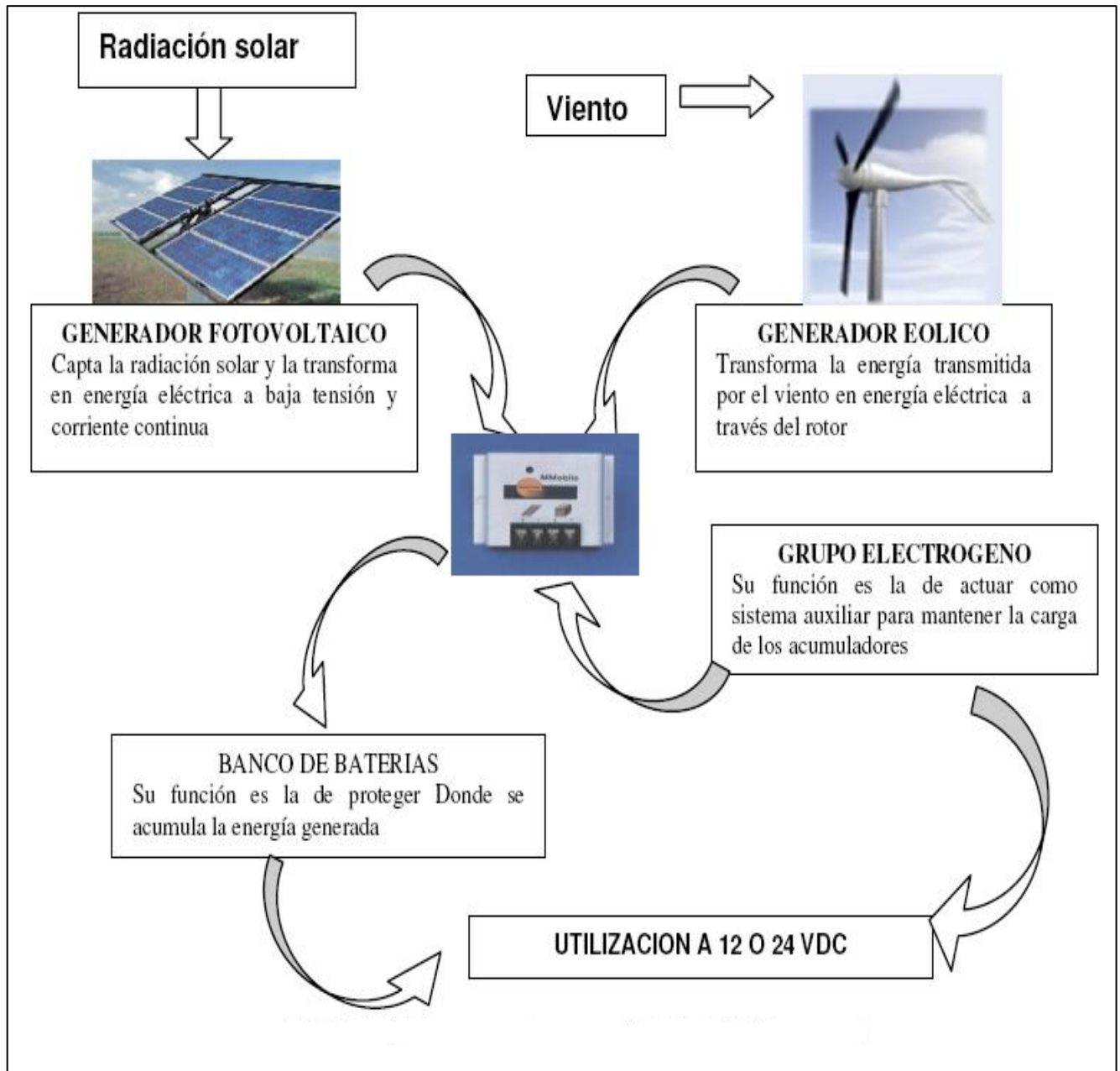


Fig. 2 Esquema de un sistema híbrido eólico-solar-grupo electrógeno

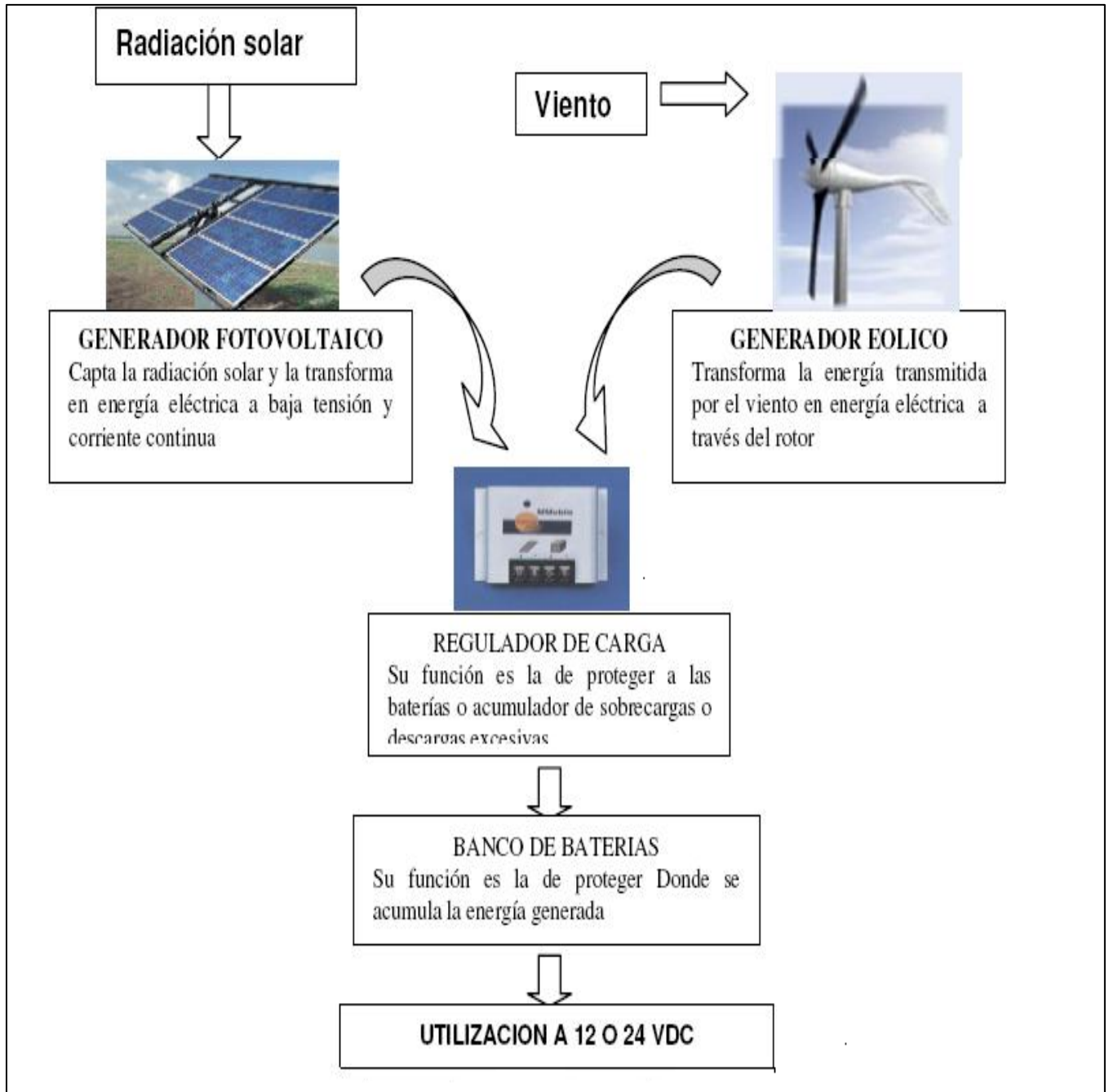


Fig. 3 Esquema de un sistema híbrido eólico-solar

Anexo X Ejemplos de sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad

Sitio—Una casa habitación en Charlotte, Vermont

Capacidad—10 kilowatts

Fabricante—Bergey Windpower Company



Sitio—Proyecto de Energía Eólica de Wales, Wales, Alaska

Capacidad—0.1 MW, completado en el año 2000

Fabricante—Atlantic Orient Corporation

Desarrollador—Asociación Eléctrica Kotzebue



Capacidad—10 kilowatts

Fabricante—Bergey Windpower Company



Sitio—Granja cercana a Wheeler, Texas

Capacidad—1 kilowatt

Fabricante—Southwest WindPower



Sitio—Granja en el oeste de Kansas

Capacidad—10 kilowatts

Fabricante—Bergey Windpower Company



Sitio—Cabaña en South Park, Colorado

Capacidad—600 watts

Fabricante—Southwest WindPower