

Energías alternativas, experiencias desde el semillero de investigación en tecnología mecánica

Renewable energy, experience from Mechanical Technology research students group

Edgar Salazar Marín¹, Juan Felipe Arroyave L²., Wilson Pérez Castro³
Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia
 edgarsalazar@utp.edu.co
 jfa@utp.edu.co
 wperez@utp.edu.co

Resumen— Actualmente se habla mucho de energías alternativas y todo lo que tiene que ver con lo ambiental, pero definitivamente es poco lo que se ha implementado en nuestro entorno en cuanto a tecnologías ambientales. Para ello, se requiere de decisión política, que permita a través de regulaciones arancelarias y promoción a la inversión, reducir costos de usuario final y motivar la ejecución de proyectos con retornos de inversión de corto plazo. La limitación de recursos obliga a proponer proyectos que sean viables con bajo presupuesto, buscando economía en materiales y fabricación propia. La cultura de lo ambiental se irá arraigando en la sociedad una vez se muestren soluciones útiles, generosas con el medio ambiente y factibles de implementar. El trabajo que se presenta busca proponer alternativas de solución de bajo costo a la generación energética empleando fuentes renovables, beneficiando el medio ambiente y permitiendo su acceso a comunidades de bajos recursos.

Palabras clave— Energías renovables, reciclaje, sistema fotovoltaico, viviendas ecosostenibles.

Abstract— Currently there is too much talking (or at least people hear) about alternative energy and everything that has to do with environmental issues, but definitely there is very little that we have implemented in our environment in terms of environmental technology. In order to do this we need political will, which through tariff regulation and promotion of investment, allows to reduce consumer costs and also encourages the implementation of investment projects with short-term returns. Limited resources force to propose low-budget viable projects, looking for economy on materials and manufacturing. The environmental culture will take root in the society once it shows useful solutions generous to the environment and feasible to implement. The work presented proposes alternative solutions for low-cost power generation using renewable sources, benefiting the environment and allowing access to low-income communities.

Key Word — Photovoltaic system, Renewable Energy, recycling, sustainable homes.

I. INTRODUCCIÓN

Las energías alternativas son uno de los temas que exige una seria atención por parte del gobierno y de las entidades gubernamentales si se pretende implementar tecnologías medioambientales a costos razonables y accesibles al ciudadano promedio nacional. El semillero en energías alternativas de la Facultad de Tecnología de la Universidad Tecnológica de Pereira ha pretendido crear un espacio de estudio e investigación, a través del desarrollo de diversas aplicaciones manteniendo bajos costos, mediante reciclaje de piezas, piezas de bajo coste y diseños adecuados a cada aplicación. De esta forma se presentan aplicaciones empleando energía solar (térmica y fotovoltaica), generación por rotación (eólica y propulsión humana).

La fundación Kyrios de la ciudad de Pereira ha sido un centro de implementación de diversas aplicaciones ecosostenibles. Tal fundación es una comunidad vulnerable sin apoyo gubernamental, que depende de la caridad de algunas personas para subsistir. Se pretende que estas soluciones sean una vitrina de referencia para motivar a gobernadores y sociedad en general al desarrollo de proyectos de alto impacto socio-ambiental.

II. EXPERIENCIAS

A. ENERGÍA SOLAR (*Aplicaciones térmicas*)

1. *Cocina Solar.*

Las cocinas solares son dispositivos diseñados que permiten cocinar alimentos usando el sol como fuente de energía. Existen tres tipos de cocinas solares: parabólicas, de panel y de caja. Las parabólicas se basan en la concentración de la radiación solar en

¹ Ingeniero Mecánico, Ph.D.

Fecha de Recepción: 26 de Agosto de 2011

Fecha de Aceptación: 15 de Diciembre de 2011

² Ingeniero Mecánico, M.Sc.

³ Ingeniero Mecatrónico.

un punto (foco), sobre el cual se ubica el recipiente que cocinará los alimentos. La figura 1 muestra una cocina parabólica en la cual se muestra el principio de operación.



Figura 1. Reflexión de radiación solar sobre punto focal.[8]

El objetivo de implementar cocinas solares es mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en las zonas rurales. Algunos países de Latinoamérica tienen una alta tasa de mortalidad infantil, lo cual se debe principalmente a las malas condiciones de vida. Las comunidades deben viajar muy lejos para obtener gas para cocinar y típicamente utilizan leña y estiércol dentro de sus casas que no tienen buena ventilación, esto causa problemas severos de salud como problemas respiratorios, cataratas, cáncer de pulmón, desnutrición y la presencia de monóxido en el torrente sanguíneo de las mujeres embarazadas. [1].

Con la instalación de cocinas ecológicas se ha demostrado un ahorro de 80% del consumo de gas [1]. Ayudan a liberar el ambiente de una cierta cantidad de CO₂ y una cierta cantidad de residuos radiactivos. La cocina solar es una alternativa en los países para reducir la deforestación y la dependencia a los combustibles fósiles y nucleares.

Una de las experiencias de motivación para los estudiantes ha sido el diseño y construcción de una cocina solar parabólica. Alrededor de este reto, se apreció el trabajo multidisciplinario de estudiantes de varios programas como eléctrica y mecánica, quienes a través de programas de diseño CAD como SolidWorks y manejo conceptual gráfico han logrado diseñar y fabricar una cocina solar. Inicialmente se empleó un programa de cálculo de curvaturas para obtener la ubicación del foco o punto colector de calor en función del diámetro y de la profundidad (Figura 2). Luego se dibujó la parábola en el programa de CAD y se realizó el desarrollo de la superficie parabólica para posterior corte y ensamble.

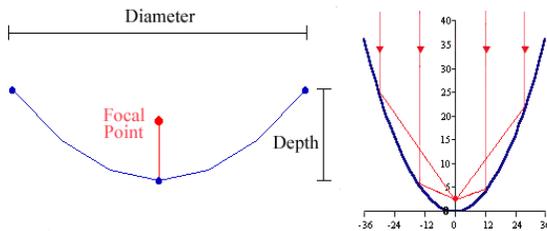


Figura 2. Diseño parabólico de cocina

Para el ensamble se empleó una lámina calibre 22 para la construcción del paraboloide y aluminio para la estructura (Figura 3).



Figura 3. Corte y ensamble cocina parabólica

Se tomaron además imágenes termodinámicas, a través de una cámara termográfica. Como muestra la figura 4 efectivamente el recipiente recibe la mayor cantidad de radiación. Las temperaturas promedio generadas en la superficie oscilaron entre 80 y 90°C, con una temperatura promedio de 28°C.

El diseño de la cocina permitió además su inclinación a lo largo del día en relación con la posición del sol, aprovechando la radiación máxima disponible que haya en el momento.



Figura 4. Imágenes termográficas de la cocina solar

Se efectuaron diversas pruebas de cocción de alimentos (arroz con leche, huevos, etc.), presentando muy buenos resultados con apenas 3 horas de radiación directa (figura 5).



Figura 5. Cocción de alimentos con cocina solar

2. Colector solar.

A través del proyecto de extensión solidaria “Diseño y montaje de un módulo de vivienda ecosostenible para la fundación Kyrios (centro de restauración)”, se implementaron diversas aplicaciones ecoambientales, entre las cuales está el colector solar de tubos de vacío (Figura 6), al cual se le realizaron

pruebas de eficiencia energética con mediciones de temperatura encontrando valores de 60 grados en el agua calentada.



Figura 6. Colector solar de tubos de vacío

El agua caliente por efecto de la radiación sobre los tubos, asciende por diferencia de densidades, almacenándose en el tanque superior aislado térmicamente (figura 7).

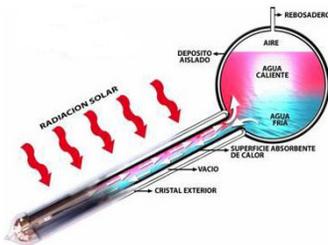


Figura 7. Transferencia de calor por efecto termosifón en tubos de vacío. [9]

Este tipo de colectores comerciales, están diseñados para países europeos de alta latitud, actualmente se realizan pruebas de eficiencia con ángulos acorde a nuestra latitud [$5(\text{lat}) + 10^\circ$ aprox.]. En este momento se diseña y construye una nueva alternativa de colector solar de superficie plana con placas alveolares (figura 8).



Figura 8. Colector de placa alveolar

3. Generación fotovoltaica.

De las mayores y prometedoras aplicaciones en energías renovables se encuentra la generación fotovoltaica, proyectada para el 2020 como una de las principales fuentes de generación energética (producción de 276 Terawatt-hora) [2]. La radiación solar según datos de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) por estudios del IDEAM promedia 1500 kWh/año en Pereira [4], convirtiéndose en un buen potencial energético, más aún cuando se encuentra en una latitud cercana al Ecuador (5° aprox.). A través del semillero los estudiantes han realizado diversas aplicaciones entre las que se encuentran:

vehículos solares y oruga seguidor de línea como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Vehículo solar a escala y oruga seguidor de línea.. Diseñado con transmisión de potencia eficiente. Sube pendientes de 10° con radiación directa pico.

Los robots seguidores de línea son autómatas y capaces de recorrer una pista, formada por una línea negra determinada por su grosor, marcada sobre un fondo blanco. Consta de tres etapas:

- **Etapa detectora:** esta etapa tiene como elemento primario o sensor el CNY70 el cual es un sensor de tipo óptico que consta de un emisor (LED Diodo Emisor de Luz) y receptor de luz infrarroja (fototransistor el cual funciona como una resistencia variable que depende de la luz) de bajo consumo (3V a 5mA) que opera bajo el principio de reflexión de luz.

- **Etapa de Amplificación:** se realiza mediante el principio de funcionamiento de los BJT 2N2222 (Transistores de Unión Bipolar) en las Zonas de operación de saturación y corte [7], donde el consumo de potencia es mínimo. La función primordial es amplificar la señal del sensor óptico para que ésta sea manipulable.

- **Etapa de potencia:** básicamente se encarga de suministrar la potencia necesaria para el movimiento de los motores la cual depende de la señal entregada por el amplificador, para este caso se usan transistores BJT de potencia TIP42C operando en las zonas de corte y saturación. El consumo de corriente es determinado por los motores que este caso es de aproximadamente 300mA cada uno.

- **Etapa de alimentación:** consta de dos pilas recargables de 1100mAh, lo cual le da un tiempo continuo de trabajo de 1 hora a carga completa con un consumo estimado de 700mA, donde el panel solar está encargado de la carga de las pilas logrando una carga total en 11 horas sol, puesto que panel tiene una capacidad máxima de 100mA.

4. Cargado solar para batería.

Aplicación de mucha utilidad por el alto consumo de celulares. En esta aplicación es fácil entender el funcionamiento de la celda y la capacidad de carga de una batería. De la misma forma trabaja cualquier sistema fotovoltaico, incluyendo regulador de voltaje y convertidor DC/AC para las aplicaciones domiciliarias [3,5].

La figura 10 muestra el cargador realizado en el semillero y su correspondiente circuito, la descripción básica del circuito se presenta a continuación:

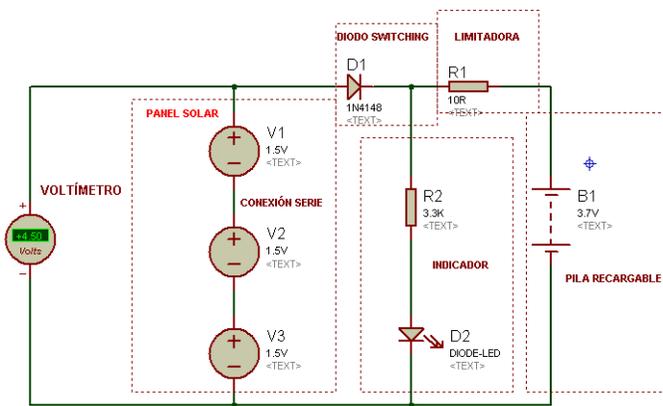
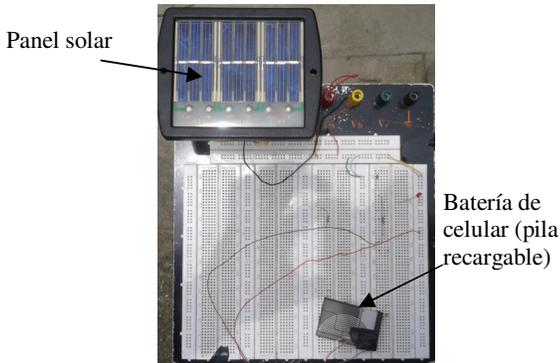


Figura 10. Cargador solar y circuito de conexión

- **Panel solar:** consta de 3 celdas solares de 1,5V cada una, conectadas en serie, dando un total de 4,5V con una capacidad en corriente de 100mA.
- **Diodo “Switching” [6]:** también llamado diodo de conmutación rápida que además de permitir el paso del fluido eléctrico en una sola dirección (solo carga en el caso en que el panel solar supere el voltaje de la carga), sirve como interruptor con tiempo entre conexión y desconexión cercano a cero.
- **Indicador:** es un circuito serie que tiene como objetivo indicar que el panel está en proceso de carga; se utiliza un diodo LED el cual tiene como característica principal bajo consumo, el principio de funcionamiento se basa en el fenómeno de la electroluminiscencia (se convierte energía eléctrica en Luz mediante semiconductores).
- **Resistencia limitadora:** como su nombre lo dice limita la corriente que se le suministra a la batería o pila a cargar, define el tiempo de carga dependiendo de las

características del elemento a cargar, en este caso limitar la corriente a máximo 100mA.

- **Pila recargable:** Para este caso se empleó una pila recargable genérica para teléfono celular cuyo voltaje es de 3,7V a 690mAh. Con estos datos se pueden estimar el número de horas:

$$t = \frac{690mAh}{100mA} = 6,9h$$

El resultado obtenido indica que la pila puede cargarse en 6.9 h que estimando 8 horas sol sería suficiente para cumplir con el objetivo de cargar la pila.

B. GENERACIÓN ELÉCTRICA POR ROTACIÓN

Es bien sabido que una de las fuentes mayormente empleadas en la generación eléctrica es la rotación. Así, las PCH’s (pequeñas centrales hidroeléctricas), la Energía Eólica, la propulsión humana (bicicletas), y cualquier forma de rotación mecánica, se convierten en una oportunidad accesible de implementar en nuestro entorno regional.

1. **Generador eólico.** La potencia disponible por un flujo de aire en un área determinada está dada por la ecuación 1.

$$Potencia = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (1)$$

Donde ρ : densidad del aire, A: sección transversal, V: velocidad de flujo.

La figura 11 muestra un generador eólico de pequeña escala desarrollado por el semillero, en donde se emplearon materiales reciclables como tubería de PVC de 6 pulgadas de diámetro y motor paso a paso de escáner (en desuso).



Figura 11. Aerogenerador de pequeña escala

El diámetro de cobertura de álabes es de 1 m y la velocidad del viento medida en Pereira (Fundación Kyrios) fue de 5 m/s. De esta forma la potencia disponible alcanzada será:

$$Potencia = \frac{1}{2} \times 1 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} m^2 \times \left(5 \frac{m}{s}\right)^3 = 49,1 \text{ vatios}$$

Es razonable una potencia baja para un generador tan pequeño; aun así, logra encender bombillos LED de hasta 5 vatios (incluso con generador poco eficiente). Es factible proyectar aerogeneradores de 2 m de diámetro que cuadripliquen la potencia disponible (actualmente en desarrollo). Es esencial un buen diseño de aspas y fundamental el diseño y construcción del generador electromagnético apropiado, ya que comercialmente un generador de imanes permanentes supera el millón de pesos (debido a costos de importación, nacionalmente no se construyen generadores para bajas revoluciones).

2. Generación por propulsión humana. Al igual que en el aerogenerador, donde la rotación electromagnética es una fuente potencial de electricidad, las bicicletas estáticas pueden convertirse en fuentes energéticas domésticas. De esta forma el semillero viene desarrollando alternativas de generación por rotación como la bicicleta estática, que promueve además la salud cardiovascular de las familias colombianas. Los esfuerzos van dirigidos a encontrar las relaciones de transmisión adecuadas (capacidad humana) y los diferentes mecanismos electromagnéticos, que permitan generar buen amperaje a revoluciones por minuto moderadas (figura 12).



Figura 12. Mecanismo de rotación para generación.

De esta forma se han evaluado diversos aparatos tradicionales como la dínamo (de bicicleta) y el alternador de vehículo, presentando valores de voltajes promedio (revoluciones moderadas) de $5 V_{RMS}$ en la dínamo y 8 VDC en el alternador (requiere RPM altas y estar conectado a la batería) (Figura 13).

Actualmente se desarrollan diferentes diseños de generador de imanes permanentes que permitan la generación eficiente de energía eléctrica a revoluciones relativamente bajas.



Figura 13. Pruebas con alternador y propulsión humana

C. RECICLAJE DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Uno de los mejores aportes ambientales lo representa el reciclaje de basuras, y en particular los plásticos como elemento de alto porcentaje en los residuos domésticos e industriales.

El semillero y el grupo de investigación en Tecnología Mecánica han diseñado y construido un módulo de vivienda ecosostenible cuyas paredes y techos se han construido en material reciclado de plástico y tetrapack respectivamente. La vivienda se ha implementado en la Fundación Kyrios (centro de restauración de personas víctimas de problemas sociales: drogadicción, violencia, etc.).

Las paredes y columnas estructurales de la vivienda son construidas de plástico extruido en los moldes respectivos. La materia prima la conforman plásticos como polietileno de baja y alta densidad y polietileno tereftalato PET (botellas). Las mezclas se realizan en función de la resistencia que requiere paredes y columnas. La figura 14 muestra el modelo tridimensional de estos elementos. El diseño de estos ladrillos permite ensamblar de forma traslapada uno a uno hasta completar paredes según diseño arquitectónico previsto inicialmente. De esta manera la figura 15 presenta el diseño tridimensional del ensamble de la vivienda previsto.

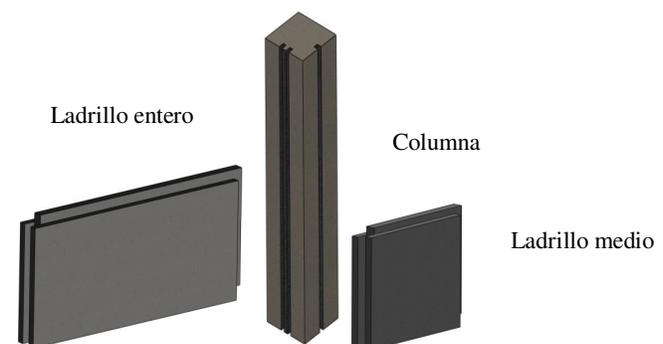


Figura 14. Diseño tridimensional de los ladrillos y columnas de plástico



Figura 15. Ensamble de módulo de vivienda ladrillos de plástico

Esta forma de construcción tiene ventajas como:

- No requiere cimientos (solo para columnas) por el bajo peso relativo de las placas.
- No requiere mezcla de concreto (ladrillo tradicional) al permitir el ensamble macho-hembra de ladrillos.
- Algunos de estos ladrillos enteros tienen perforaciones para disponer de ductos eléctricos y sanitarios.
- Permite la fácil manipulación en tornillería y adecuaciones que se requieran.
- Por esencia del plástico las características termodinámicas son excelentes.

Actualmente, el módulo permite la vivienda de dos personas de la fundación, ya que contiene los requerimientos básicos para una permanencia digna (servicios sanitarios, electricidad, confort térmico y agua caliente de ducha). La electricidad y el agua para ducha se han dispuesto con sistema fotovoltaico y colector solar. La figura 17 presenta una foto del montaje general del módulo de vivienda.



Figura 17. Montaje general de módulo de vivienda ecosostenible. (Los detalles del sistema fotovoltaico, la construcción de ladrillos y todo el proyecto Kyrios, se publicará en próxima edición).

III. CONCLUSIONES

La oportunidad de trabajo conjunto en aplicaciones reales de utilidad social, ha hecho que se consolide el semillero de investigación en energías alternativas, incrementando en los estudiantes su conciencia ambiental y social, promoviendo de esta manera el trabajo interdisciplinario al unir diferentes áreas del conocimiento en objetivos comunes.

La mejor forma de generar una cultura ambiental es presentando a la sociedad diversas aplicaciones que muestren la utilidad real y la relativa simplicidad de su

construcción. Esto permitirá incentivar la inversión en diversos proyectos locales o de mayor alcance con participación gubernamental o privada.

Para la construcción de una cocina parabólica es fundamental que el material sea de muy bajo calibre (fácil corte), alto brillo (buena reflectancia). Se recomienda lámina especular de aluminio. En colectores solares se pueden optimizar los diseños buscando el bajo costo (materiales reciclables) sin desmeritar los niveles de transferencia de calor. La generación eléctrica por rotación es promisoría, si se logran construir generadores óptimos de alta capacidad en potencia y mínimas rpm.

Para sistemas fotovoltaicos principalmente, donde es necesaria la importación de dispositivos como el panel solar, es necesario que existan regulaciones gubernamentales (políticas claras) que incentiven la inversión y promoción de estas tecnologías.

REFERENCIAS

- [1]. Bolivia Sostenible, *Fundación Cedesol*, [Online].disponible <http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>
- [2]. La Energía solar, una alternativa sostenible con un futuro prometedor. http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/10_sostenible_energia.html
- [3]. J.F Sanz, L.M Navas, M.C Rey, A.Correa, “*Fundamentos de Energía Solar Fotovoltaica para los Grados de Titulaciones Científico-Técnicas*” Colección studium, 1. España, 2009.
- [4]. H. Zapata, “*Energía Sostenible y Cambio Climático Avances en Colombia*”, Congreso Internacional Cambio Climático, 2011, conf.
- [5]. C.A. Orozco, “*Elementos de Ingeniería Solar*”, Primera Edición. Pereira, 1993.
- [6]. Dispositivos Electrónicos. TomasFLoyd. Prentice Hall. Sexta edición.
- [7]. Albert Paul Malvino (2000). Principios de Electrónica. Mc Graw Hill. ISBN 84-481-2568-1.
- [8]. http://www.fotovoltaic.com/Energia_Termosolar/tecnologia_cilindro_parabolica.asp
- [9]. <http://www.e-renovables.es/categoria-colectores-solares.html>