

energético; esto significa la validación de los pequeños proyectos como alternativa a los sistemas centralizados, ya sea a través de programas de manejo integrado de la demanda (ahorro y conservación), como apoyando acciones que tomen ventaja de las fuentes locales de energía renovable, tales como la biomásica, la fotovoltaica y las pequeñas plantas hidroeléctricas.

El BUN-CR, como organización no gubernamental-ONG-, por ejemplo, enfrenta el reto energético a nivel centroamericano colaborando con grupos organizados a nivel comunitario, con organizaciones rurales de desarrollo y con empresas privadas, ya sea brindando soporte técnico y nuevos mecanismos de financiamiento para proveer la energía mínima a comunidades, aldeas y viviendas que no tienen opción en el corto plazo de conectarse a la red pública de electricidad, o mejorando la eficiencia de los pequeños proyectos de generación energética que se encuentran en operación.

Ejemplos de lo anterior en el contexto del sector eléctrico de Costa Rica son el apoyo técnico y financiero que se le brindó a la comunidad de San Miguel de la Tigra, en San Carlos, para mejorar la eficiencia de operación de una pequeña planta hidroeléctrica que abastece a 12 familias que no tienen acceso a la red pública. También, el desarrollo de un mecanismo de financiamiento para la instalación de calentadores solares para residencias de mediano y alto consumo en la ciudad de San José en coordinación con una

empresa privada y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

En conclusión, es evidente que el esquema tradicional en el accionar del sector energético en Costa Rica está cambiando. La participación del sector privado en la generación de electricidad, la reciente aprobación de una ley de fomento al ahorro y conservación de la energía, la activa participación de algunas organizaciones no gubernamentales para plantear soluciones innovadoras tomando en cuenta consideraciones ambientales, técnicas y comerciales, son claras manifestaciones de que se está definiendo, al menos en el subsector eléctrico nacional, un nuevo esquema para enfrentar los nuevos retos, que no sólo tiene este subsector sino el país como un todo.

BUN-CR cree que una participación más amplia y una visión más integral de los diferentes actores de la sociedad en el contexto energético nacional, especialmente en el subsector eléctrico, son decisivas para asegurar en el futuro el abastecimiento de energía con la misma calidad como hasta hoy día la hemos disfrutado todos los costarricenses. Asimismo, la realidad no menos compleja del consumo de hidrocarburos importados requiere de esquemas más balanceados, especialmente en el sector transporte, donde, por ejemplo, el sistema de transporte público de personas prevalezca sobre el transporte individual.

Uso de energía solar para enfrentar la crisis energética y ecológica de Costa Rica

Shyam S. Nandwani

Necesidad y oportunidad de la energía solar

La producción de energía es fundamento del desarrollo social. A ésta se le utiliza constantemente bajo formas muy

diversas. La producción de casi todos los bienes y servicios se basa en ella.

Los principales combustibles usados como fuente energética a nivel mundial son carbón, petróleo, gas natural y biomásas. Desafortunadamente, la mayoría de los países del mundo carecen de combustibles fósiles suficientes para satisfacer el consumo interno y tienen que importarlos a un precio elevado.

El petróleo, además de ser fuente de energía, es materia prima para infinidad de productos industriales, especialmente en petroquímica y fertilizantes. El carbón, el petróleo y el gas natural aunque presentan ventajas en cuanto a su almacenamiento y transporte, son fuentes muy contaminantes. Son responsables de la emisión de dióxido de carbono (CO₂) y, por ende, de producir más del 50% del efecto invernadero de nuestro planeta. No se justifica el uso de petróleo no reemplazable para procesos que pueden ser logrados con calor de baja temperatura.

En el caso particular de Costa Rica, el petróleo cuyo consumo constituye un 45% del consumo total de energía (82 X 10¹² J), es importado totalmente. Otro 40% proviene de biomásas y el restante 15% de hidroelectricidad. Los proyectos hidroeléctricos, aunque son menos contaminantes, también tienen sus limitaciones pues necesitan grandes áreas, alta inversión inicial, mucho tiempo de construcción y buena cantidad de lluvia para llenar los embalses. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) recientemente invirtió \$225.000 en la provocación artificial de lluvias con el fin de aumentar la cantidad/nivel de agua en el embalse de Arenal, obteniendo como resultado un incremento de sólo 2 metros (529 a 531 m, en setiembre de 1994), cantidad mucho menor a la esperada (el nivel en setiembre de 1993 era de 539 m).

Los generadores térmicos,

complementariamente, son responsables del 20% de toda la capacidad eléctrica del país, especialmente durante la época seca. Actualmente el país está gastando cerca de \$320.000 al día (*The Tico Times*, 22-7-94) en combustibles térmicos para generar electricidad. Esto muestra la importancia de reducir el consumo de ellos, utilizando el ahorro en divisas para el desarrollo científico, técnico y social del país.

De todo lo anteriormente expuesto se desprende la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía que sean a la vez económicas, abundantes y preserven el equilibrio ecológico. La energía del sol se muestra como idónea por ser abundante y gratuita, no contaminante (como el petróleo, el carbón y la leña) ni productora de desechos radioactivos (como la nuclear) y nadie puede aumentar su precio,

El sol, además de ser el astro central de nuestro sistema, es el motor y fuente de energía del mismo y el responsable de que en nuestro planeta existan las condiciones adecuadas para la supervivencia de la vida humana, animal y vegetal.

Además de aprovecharla de manera natural (vientos, evaporación de los mares para energía hidroeléctrica, fotosíntesis para la producción de biomásas, gradiente térmico de los mares, etc.), la energía solar se puede convertir en **energía calórica y energía eléctrica**, y por lo tanto se puede usar en lugar de cualquier otra fuente convencional de energía. Algunos ejemplos de su utilización son:

- calentar agua en hogares, comercios, industrias, centros de recreo y piscinas,
- cocinar y hornear alimentos y pasteurizar agua (hornos y cocinas de mediana temperatura: 120-160°C),
- secar todo tipo de productos, incluso excrementos de animales y humanos,

- destilar líquidos para separar de estos los componentes sólidos (purificar agua de pozo o de mar),

- producir climas artificiales para cultivar alimentos y plantas que lo requieran,

- calefacción de habitaciones,

- refrigeración de alimentos, medicinas, vacunas,

- fundir metales a altas temperaturas,

- accionar una bomba de agua para irrigación,

- producir electricidad usando generadores (efecto fototérmico),

- producir electricidad directamente (efecto fotovoltaico).

La radiación solar de que disponemos

La potencia solar que recibe el planeta Tierra (fuera de la atmósfera) es aproximadamente de 173×10^{12} KW, equivalente a una energía de 15×10^{17} KWH por año. Al atravesar la atmósfera, un 53% de esta radiación es reflejada y absorbida por el nitrógeno, el oxígeno, el ozono, el dióxido de carbono, el vapor de agua, el polvo y las nubes. Por lo tanto, cuando esta radiación recorre una distancia de 150 millones de Km. se reduce esta cantidad y al final el planeta recibe un promedio de energía de 3×10^{17} KWh al año, equivalente a 4000 veces el consumo del mundo entero en ese mismo lapso (7×10^{13} KWhoras/año), lo cual indica la enorme potencia del sol.

En Costa Rica existen entre 80 y 100 estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo de su territorio que cuentan con equipos para medir la cantidad de radiación y brillo solar. Todos los datos de estas estaciones se pueden ver en el folleto de la Dirección Sectorial de Energía del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. La intensidad solar oscila entre 1320 (San José) y 1970 (Taboga) KWh/m² por año y son muy

importantes como base para cualquier simulación de sistemas solares.

Además, la radiación solar tiene una variación mensual. En el caso de Costa Rica esta variación mensual es del orden del 28% (máximo) con respecto al valor promedio, lo cual indica que no presenta problemas de almacenamiento. Esto es muy ventajoso tomando en cuenta el alto costo de almacenamiento de la energía calórica o eléctrica.

La captación de energía solar

Para cualquiera de las aplicaciones de la energía solar, la parte principal del sistema es el colector: el artefacto que capta energía solar y la convierte en energía útil, sea en forma calórica o eléctrica.

Para la conversión directa de energía solar en energía eléctrica se utilizan celdas solares fabricadas con materiales semiconductores (silicio principalmente). Estos materiales se usan en relojes, calculadoras y naves espaciales. Debido a su costo alto y a la complejidad de fabricación, muy pocos países del mundo están fabricando celdas solares.

Por otro lado la energía solar puede ser transferida en calor empleando captadores sencillos: colectores planos, que se pueden fabricar fácilmente con los materiales disponibles en el mercado local. Los colectores del tipo plano pueden dar temperaturas entre 50° y 150°C. Ellos son, básicamente, una placa metálica, de acero, hierro galvanizado, cobre o aluminio, pintada de color negro mate con el fin de absorber al máximo la radiación directa -proveniente del disco solar- y también la difusa -proveniente del cielo-. La radiación solar después de ser absorbida es transformada en energía térmica. Sin embargo, como el ambiente se encuentra a una temperatura inferior a la de la placa, ésta comienza a perder la radiación, aunque sólo en la región del

infrarrojo. Para reducir las pérdidas de energía en la parte posterior y laterales, la placa está encerrada en una caja de madera o metálica bien aislada al fondo y lateralmente. Como material aislante se puede usar lana de vidrio, estereofón, poliuretano, cáscara de arroz, aserrín, etc. Para reducir las pérdidas de energía por la parte superior, la fachada del colector está cubierta con una o más láminas de vidrio o de plástico transparente, permitiendo que penetre la luz solar pero evitando el escape de la radiación infrarroja de la placa. Por lo tanto, el aire dentro de la caja alcanza una temperatura alta. Después, el calor neto absorbido por la placa es transferido a cuatro o cinco tubos de metal unidos estrechamente a la placa, por los que el fluido se hace circular. Dichos tubos se colocan longitudinalmente de manera que el fluido frío entre por la parte baja y salga, una vez caliente, por la alta, debido a su menor densidad.

El colector debe estar colocado en el techo del edificio o en el patio, evitando la presencia de obstáculos (edificaciones, árboles u otras estructuras) en la línea de incidencia de los rayos, para permitir la máxima recepción de radiación solar.

El calor así obtenido, sea por un colector plano o por un colector concentrador, puede ser utilizado de diversas maneras, como se explicó anteriormente.

El calentamiento solar de agua

Los calentadores solares más comunes tienen separados los sistemas de captación de la energía solar y de almacenamiento del agua caliente y funcionan sin bomba para la circulación de agua. El colector plano, ya mencionado, se coloca mirando hacia el sur con una inclinación de 15-20° respecto a la horizontal. Los tubos del colector por los que circula el agua se colocan longitudinalmente de

manera que el agua fría, la cual proviene de un tanque ubicado encima de los colectores, entre por la parte baja y una vez que se calienta por la radiación solar, salga por la parte superior del colector debido a su menor densidad. Dicho proceso, de entrada y salida de agua, continúa hasta que haya una cantidad mínima de la radiación solar. De esta manera el agua caliente se acumula en el tanque, y puede ser utilizada cuando exista la necesidad.

La temperatura alcanzada por un sistema solar depende de tres factores: la cantidad de agua que se necesite calentar, el área del sistema y el clima del lugar. Nuestros estudios nos permiten afirmar que con 1 m² de un colector plano, y en el clima de varios lugares de Costa Rica, se puede calentar un promedio de 60-75 litros de agua diariamente, aumentando su temperatura de 20°, en la mañana, hasta 50-55°C a las 5 p.m. Durante la noche el agua del tanque pierde calor equivalente a 1/2-1°C por hora -dependiendo del aislamiento-.

Para los sistemas grandes, como de hospitales y hoteles donde no es siempre posible colocar el tanque encima de los colectores (requisito indispensable para la circulación natural), se puede usar una pequeña bomba para la circulación del agua (circulación forzada). En este caso los colectores se pueden ubicar encima del techo y el tanque se puede colocar en algún lugar dentro del edificio.

En Israel, por ejemplo, con una población cercana a 4 millones, en 1993 se usaban cerca de 900.000 (55% de todas las casas) calentadores solares de agua para uso doméstico y 1500 sistemas para hospitales, industrias y edificios de apartamentos, siendo el ahorro de energía cercano al 3% del consumo total de la misma. Dinamarca, país poco soleado, ha instalado 100.000 calentadores solares de agua. En E.U.

aproximadamente 1 millón de casas usan calentadores solares de agua, y más de 300.000 familias usan colectores solares para calentar sus piscinas; además, unas 30 industrias se dedican a la fabricación de colectores planos para calentamiento de agua y calefacción, generando cerca de US\$65 millones anualmente. En Chipre, donde el 70% de los calentadores de agua son de energía solar y el 50% de los hoteles los usan, se venden cerca de 15.000 de éstos por año.

En Costa Rica, además de algunas casas particulares, varios hoteles (p.e., Hotel Fiesta, Hotel del Sur, Hotel América) y empresas (p.e., DIPROMA) ya están utilizando energía solar para calentar agua, pero el área total de captación no es mayor a 1500 m². Paralelamente, de toda la energía eléctrica nacional consumida en el sector doméstico -1886 GWh-, cerca del 15% es destinada a duchas (285 GWh), cantidad equivalente a la energía producida por una planta hidroeléctrica de 70 MW (US\$105-200 millones). Gran cantidad de esta energía eléctrica podría ahorrarse con la utilización de calentadores solares.

En nuestro clima (1500 KWh/m²/año), un calentador solar de agua de 2 m² puede ahorrar anualmente: 2,250 KWh de electricidad, o 3,870 Kgm de leña, o 830 Kg de carbono.

Lo cual puede reducir la emisión de 1 tonelada de dióxido de carbono y 55 Kg. de otros productos contaminantes por año.

El horno/cocina solar

De la energía que se consume en una casa un gran porcentaje (del 20 al 80%) se emplea para cocinar alimentos. En el caso particular de Costa Rica un 35-40% de la población todavía usa leña para cocinar. Esto es parcialmente responsable de la deforestación. Por otra parte, muchas personas

que no tienen capacidad para comprar leña, están obligadas a caminar largas distancias para conseguir esta fuente contaminante de energía.

A continuación se explicará el procedimiento para la construcción de un horno solar diseñado y estudiado, por primera vez en Costa Rica, a principios de 1979, con materiales y tecnología nacional, y patentado a nombre de la Universidad Nacional en 1984, el cual en su versión mejorada sigue funcionando satisfactoriamente.

Consiste en una caja de madera con dos vidrios planos en la parte superior, separados por una distancia de 2 cm. Dentro de la caja hay una lámina metálica de hierro galvanizado (calibre 20-24) pintada por la parte superior de negro mate. La radiación solar después de ser absorbida por la lámina negra es transformada en energía térmica.

Para reducir las pérdidas de energía en la parte posterior y lateral de la lámina se ha usado un aislante de calor: lana de vidrio. Esta se utiliza en la parte del fondo: una capa de 5 cm., y a los lados: una capa de 3 cm. Para reducir las pérdidas de energía por la parte superior, la fachada del colector se cubre con dos vidrios transparentes como ya se ha mencionado anteriormente. Es muy importante sellar los vidrios, en todo su perímetro contra la caja de madera, con el fin de evitar fugas de calor o entradas de agua de lluvia.

Para aumentar la radiación sobre la placa se usa un reflector de papel aluminio pegado a la lámina de plywood fuera de la caja. El reflector, además de aumentar la radiación solar durante el período de cocción, también sirve para tapar el horno con el fin de mantener la comida caliente una vez que se hayan cocinado los alimentos.

En la parte frontal de la caja existe una puerta, forrada en su parte interior con lana de vidrio y papel aluminio que sirve para

minimizar la pérdida de energía a la hora de introducir y sacar los alimentos. En un día normal, la temperatura de la placa metálica puede alcanzar hasta 100-150°C.

El horno tiene un área de 0.24 M² y cuesta cerca de 8000-12,000 colones (en materiales solamente) y se puede cocinar una comida para 4-5 personas en 2-3 horas y dos comidas para la familia con 4-5 horas de brillo solar.

El autor y su esposa han cocinado durante los últimos quince años alimentos como arroz, frijoles, varios tipos de lentejas y legumbres, garbanzos, arvejas amarillas, arvejas verdes, frijol de soya, papas, zanahorias, vainicas, coliflor, ñampí, yuca, remolacha, rábanos, ayote, huevos, pollo, carne de res, cerdo, pescado, pan, queque, pizza, etc.

Algunas ventajas del uso del horno/cocina solar son:

Facilidad de uso:

La comida no se quema ni se pega al utensilio. Aparte de usarse para cocinar y hornear todo tipo de alimentos también se puede calentar agua para pasteurizar, y secar frutas. No hay peligro de fuego ni de choque eléctrico o explosión de gas. No requiere cuidados especiales; se cocina sin preocupación de abandonar la casa o de ocuparse totalmente de otros asuntos.

Protección de la salud:

La comida solar es más saludable al necesitar menos aceite y agua y conservar mejor las vitaminas y los minerales. El horno solar no produce humo, ceniza ni contamina la atmósfera (ojos y pulmones son dañados por la exposición, durante largos períodos, al humo de las cocinas de leña convencionales).

Ahorro económico y protección ecológica:

El 10-15% de la población nacional, ubicada por cierto en áreas de alta radiación solar, por no tener acceso a la energía eléctrica

usa cocinas convencionales de leña que contribuyen a la deforestación, erosión de suelos, pérdida del potencial hidroeléctrico y a la contaminación de la atmósfera.

Según datos de 1994, en Costa Rica del total de energía eléctrica consumida (4180 GWh) el 46.1% se gasta en el sector doméstico. De éste, cerca del 40% se destina a la cocción de alimentos, la cual se realiza mayoritariamente durante la hora del almuerzo, y es entonces cuando el país tiene que acelerar las plantas-térmicas, consumiendo fuentes importadas. Usando 10.000 cocinas solares durante unos 7 meses al año se podría ahorrar cerca de 11.5 GWh o 11.5 millones de KWh de electricidad, suma equivalente a 150 millones de colones anuales de ahorro para el consumidor. Efectivamente, una cocina solar de tamaño familiar (0.25 m²) usada durante el lapso dicho posibilita la economía anual de unos 1.160 KWh de electricidad, o 650 Kg. de leña, o 210 litros de gas propano, o 203 litros de canfín. Y dado que el costo absoluto de la electricidad ha aumentado en 1000-1200% en los últimos años en Costa Rica, y que es durante la estación seca cuando más se usan las onerosas plantas térmicas, siendo esa precisamente la mejor época para el uso de cocinas solares, la pertinencia del uso de éstas se vuelve incuestionable.

En los países subdesarrollados existen dos mil millones de personas que cocinan con leña en grupos familiares de aproximadamente cinco personas. El total de familias es de cuatrocientos millones. Si un 1% de estas familias sustituyeran la leña por la energía solar (4 millones de cocinas/hornos solares), el total de leña ahorrada ascendería a 2.6 millones de toneladas. Y si asumimos que un árbol da aproximadamente 0.3 toneladas de leña, el total de árboles no talados sería de 8.67 millones por año. Por otra parte, asumiendo que el contenido de carbono en la

leña es del 30% y que doce átomos de carbono producen cuarenta y cuatro de dióxido de carbono (CO₂), el ahorro en la emisión de carbono sería de 0.78 millones de toneladas y, en consecuencia, de 2.8 millones de toneladas de CO₂. Hay, además, una emisión indirecta de CO₂ por no absorción por parte de las plantas: los árboles absorben unas 30 toneladas de CO₂ por hectárea (una hectárea tiene aproximadamente 100 árboles), es decir, unas 0.3 toneladas de CO₂ por árbol. En consecuencia, el funcionamiento de 4 millones de cocinas solares representaría en el nivel mundial una reducción de la emisión total de CO₂ del orden de los 5.4 millones de toneladas. Suponiendo un costo promedio de \$100 por limpiar cada tonelada de CO₂, el costo total ascendería a \$540 millones al año, mientras que el costo total aproximado de la construcción de 4 millones de cocinas solares es sólo de \$320 millones, que pueden durar por lo menos 4-5 años.

Conclusiones

Con el uso de energía solar (sin necesidad de importar tecnología sofisticada y

cara de otros países) Costa Rica podría economizarse una enorme parte de su energía producida convencionalmente. La energía solar es una fuente alternativa que no puede sustituir en un cien por ciento a las otras, pero sí puede servir como complemento (en Holanda, por cierto, las compañías que se encargan de generar y distribuir la energía convencional venden cerca del 80% de los calentadores solares. En Sacramento E.U. sucede algo similar). La energía solar para la cocción de alimentos y calentamiento de agua tiene un impacto notable en la economía nacional, no sólo en el ahorro de fuentes convencionales, sino también en la conservación ambiental y de la salud pública.

Para fomentar el desarrollo de la tecnología y la difusión de sistemas de captación solar el Gobierno debería proporcionar incentivos, tales como rebajas a los impuestos, créditos a bajo interés y programas de financiación para la compra de colectores. Aunque hace seis meses la Asamblea Legislativa aprobó una ley en este sentido, los usuarios y empresarios están aún esperando su implementación.

La energía del viento en Costa Rica

Enrique Morales G.

Durante las últimas dos décadas el abastecimiento de energía eléctrica se ha visto afectado negativamente por factores distorsionantes como los relacionados con el comercio del petróleo, gas y carbón, y se han presentado problemas ambientales asociados con su producción basada en el uso de

combustibles fósiles. Cualquier esfuerzo nacional por desarrollar fuentes de energía propias no contaminantes y que a la vez disminuyan en alguna medida la dependencia frente a otros países en cuanto al abastecimiento de energía, es desde todo punto de vista beneficioso. La energía del viento, conocida como la energía eólica, es un recurso energético renovable propio, que en el