

“APLICACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN LA LECHERIA



DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA (PPA) DE LA ESCUELA DE AGRONOMÍA”

Dr. Tomás de Jesús
Guzmán Hernández
tjguzman@itcr.ac.cr

Área Académica del Doctorado,
Escuela de Agronomía, Tecnológico
de Costa Rica, Sede Regional
de San Carlos

ANTECEDENTES

La tendencia internacional en uso de energía en los próximos años, según la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA 2013), debe ir a una mayor participación de fuentes renovables como: energía geotérmica, solar, eólica y biomasa y un descenso en las no renovables: carbón, petróleo y gas.

Costa Rica, tal y como aparece en el “I Plan Nacional de Energía 2012-2030” (MINAET, 2011), presenta un potencial teórico en el caso de fuente solar de 10.000 MW, en el cual el grado de utilización es mínimo. Ante esta situación y enmarcados en la línea de acción de la estrategia 2.2 del MINAET para el sector Energía, la cual es “Promover programas de ahorro energético en los macro-consumidores”, el Programa de Producción Agropecuaria de la Escuela de Agronomía, ha aceptado incluir estos sistemas, como un área demostrativa, como una apuesta por la utili-

zación e introducción de la energía solar, su adecuación y validación en una Unidad Productiva y dos laboratorios de investigación.

Las lecherías de todo el país usan agua caliente en diferentes proporciones, para desinfectar equipos de ordeño, instrumentos y tanques lecheros de enfriamiento, buscando mayor calidad en la leche y una disminución de bacterias en la misma. El agua para estos fines es calentada usando varias vías como: resistencias eléctricas, gas, diesel e intercambiadores de calor, con motores de diferentes tipos. Este uso genera una importante factura de pago de energía para los productores de leche. Con un sistema de energía renovable usando la energía solar en sistemastermosifónicos y con sistemas fotovoltaicos, esa factura disminuirá sensiblemente, entonces la producción será más eficiente y limpia y por el uso de este tipo de innovación tecnológica, se reducirá considerablemente la huella de carbono que genera la ganadería.

En este sentido es importante desarrollar estos sistemas en el ámbito de la producción agropecuaria toda vez, que los mismos son muy pocos usados en las áreas rurales y menos en unidades productivas agropecuarias, como por ejemplo las lecherías.

INTRODUCCION

Según el VI Plan Nacional de Energía 2012-2030 del Ministerio de Ambiente y Energía y Telecomunicaciones “Costa Rica es un país rico en recursos naturales renovables que podrían utilizarse con fines energéticos; sin embargo, basa su desarrollo en el uso de los derivados del petróleo (MINAET, 2011). El crecimiento promedio del consumo de hidrocarburos en los últimos 20 años fue del 4,7% anual y el de la electricidad del 5,3% anual.

Cada fuente de energía tiene un potencial de emisiones de CO² diferente, por lo que, la composición de la matriz de la oferta de energía y las tecnologías de los equipos de consumo (vehículos, equipos industriales y agrícolas, entre otros) determinarán el nivel de emisiones del sistema energético del país. Ante la gran dependencia energética de los combustibles fósiles cuyo consumo produce altos niveles de emisiones, es necesario impulsar medidas de uso racional y eficiencia energética” entonces podemos decir que la tendencia internacional de uso de energía, según la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA 2013), citada por MINAET (2011), plantea una mayor participación de fuentes renovables en la matriz ener-

gética mundial, como por ejemplo: energía geotérmica, solar, eólica y biomasa y un descenso en las no renovables: carbón, petróleo y gas.

La ganadería es responsable del 18% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo al informe presentado por la FAO sobre el impacto ambiental de la actividad (Matthews, 2006).

Según el INTA (2011) "Mitigar es pensar cómo la producción de carne y leche debe mejorar su eficiencia energética para reducir las emisiones de GEI por unidad de producto". Matthews (2006), plantea que la ganadería genera más gases de efecto invernadero que el transporte. Así pues, urge aplicar tecnologías que minimicen este impacto generado en los procesos productivos del sector.

En el cantón de San Carlos se encuentran el 55% de los asociados de la Cooperativa de Productores Dos Pinos, con un total de 850 productores de leche y una producción de más del 50% de la producción nacional (0.6 millones de kilos de leche). Entre los procesos productivos del sector ganadero y lechero que genera huella de carbono se encuentra el consumo eléctrico de las plantas agroindustriales relacionadas, ya sean lecherías u otras.

En la lechería de la Sede Regional,

con una media de producción diaria de leche de 500 kg, la reducción de emisiones de carbono a la atmósfera con la alternativa presentada sería de 5 a 10 t por año. Extrapolando a la producción diaria de leche, tan solo en San Carlos, se presentaría un potencial de reducción de emisiones de carbono de hasta 4.380.000 t anuales. (Se estima una emisión media de 0.94 kg de CO₂ por kW de electricidad generado con combustibles fósiles).

La tecnología disponible ya utilizada en otras aplicaciones, sectores y países, es confiable y sólida para la asimilación por los productores; el coste de inversión es asequible y los plazos de recuperación y amortización de la inversión son atractivos. Definitivamente se necesita la validación de esta tecnología en la región e introducirla en los procesos de innovación por parte de los productores lecheros de ambas zonas.

El Tecnológico de Costa Rica tiene la misión de extensión para el desarrollo de la región norte con diversos planes y programas de sensibilización y capacitación en sistemas de producción limpia.

La energía del sol y su uso: La radiación solar que llega al sistema tierra - atmósfera, se conoce también con el nombre de radiación de onda

corta. Del 100 % de radiación solar, sólo un 25% llega directamente a la superficie de la Tierra y un 26% es dispersado por la atmósfera como radiación difusa, esto hace que un 51 % de radiación llegue a la superficie terrestre. Un 19 % es absorbido por las nubes y gases atmosféricos. El otro 30 % se pierde hacia el espacio, de éstos, la atmósfera dispersa un 6 %, las nubes reflejan un 20 % y el suelo refleja el otro 4 %. Entonces la radiación solar que llega a la atmósfera puede ser dispersada, reflejada o absorbida por sus componentes. (Taiz y Zeiger, 2002, Camejo, 2012).

La energía del sol se usa para el calentamiento de agua, a través de colectores solares térmicos y para producir corriente eléctrica con celdas fotovoltaicas. (Landa, 2005, Roman, 2007, Rizk y Nagrial, 2008, Torpey, 2009, Tinajeros, 2011, Swift, 2011).

La demanda de energía se incrementa cada año, a pesar de que los recursos energéticos son limitados. De ahí la importancia de fomentar el uso de energías renovables como la solar, tales como: 1) "Energía solar fotovoltaica; 2) Energía solar térmica. (Landa, 2005)

Resulta imposible concebir un desarrollo sostenible que no esté basado en las fuentes renovables de energía en sus diferentes manifestaciones.



Entonces la energía del sol puede utilizarse en el país con ventajas en aplicaciones en pequeña y gran escala para el calentamiento de agua y la producción de energía. En el caso de la zona Norte, existen una gran cantidad de productores de leche, que usan de manera sistemática agua caliente en sus unidades, calentadas a través de resistencias eléctricas, con intercambiadores térmicos y combustibles fósiles. En este sentido este proyecto se estaría centrando en la captación de la energía solar, para calentamiento de agua y generación de energía que ayude a los pequeños y medianos productores a ser más amigables con el ambiente.

Formas de captación de la energía del sol: Los paneles solares son dispositivos que aprovechan la energía que llega a la tierra en forma de radiación solar, los componentes principales de los paneles solares son las células de silicio policristalino, el cobre, el aluminio, PVC y otros materiales. Hay dos tipos distintos de paneles solares dependiendo de su utilización: el primero es el panel solar para el calentamiento del agua, que puede ser de circuito abierto y cerrado. Este sistema reduce costos y es más eficiente, pero presenta problemas en zonas con temperaturas bajas, así como con alta concentración de sales que acaban obstruyendo los paneles. En las instalaciones de circuito cerrado se distinguen dos sistemas: flujo por termosifón y flujo forzado. Los paneles solares térmicos tienen un muy bajo impacto ambiental (RES & RUE DISEMINATION, 2005, Khan et al, 2010, Quirós, 2011). Los calentadores de agua de uso doméstico en termosifón: El agua caliente se utiliza para uso doméstico, comerciales, hospitales, centros de recreo, hoteles, e industrias, etc. También puede ser usada en sistemas agropecuarios. (Guzmán e Iglesias, 1986, Guzmán e Iglesias, 1987a, Guzmán e Iglesias, 1987b).

Los tubos del colector, por los que circula el agua, se colocan longitudinalmente de manera que el agua fría entre por la parte baja y una vez que se calienta por la radiación solar, sale por la parte superior del colector debido a su menor densidad.

Debido a que la radiación solar no es siempre suficiente para calentar agua todos los días durante el año, es recomendable conectar el sistema solar con un sistema convencional de calentamiento de agua (Shyam, 1996).

Un sistema termosifónico, es aquel que funciona a partir del movimiento que se genera a partir del calentamiento de la misma a través de la captación de la radiación solar, en un sistema cerrado. Este sistema no utiliza para el movimiento del agua, ningún tipo de energía, sino solamente usa la gravedad, en función de los niveles de los tanques de agua (Despaigne et al, 2003, Andersen et al, 2007, Khan et al, 2010, Anderson et al 2008, Alvarado, 1998, Wongsuwan, 2005 y RES & RUE DISEMINATION, 2005).

Sistemas de captación fotovoltaicos: Los paneles o módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. Los paneles fotovoltaicos se dividen en: Cristalinos, Monocristalinos estos se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si), y los Policristalinos: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas, los Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 10%, sin embargo su costo y peso es muy inferior. El costo de los paneles fotovoltaicos se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales.

Los usos de los sistemas fotovoltaicos son muchos y variados dentro de los cuales podemos citar: Centrales conectadas a red para suministro eléctrico, (Como el caso de la planta de Bagaces en Guanacaste, Costa Rica, ICE 2011), sistemas de autoconsumo en generación distribuida, suministro eléctrico en instalaciones rurales alejadas, luminarias, faros, comunicaciones entre otras.

El uso de esta tecnología para ahorrar corriente eléctrica en un sistema de autoconsumo es la idea básica de este proyecto en el PPA de la Escuela de Agronomía.

En este sentido los objetivos que nos hemos propuesto para el mismo son:

Objetivo General: Aplicar sistemas solares de captación térmica y fotovoltaica para el calentamiento de agua y producción de energía en la lechería del Programa de Producción Agropecuaria de la Escuela de Agronomía del TEC. Los objetivos Específicos son: 1.- Implementar dos sistemas solares de captación térmica y fotovoltaica para el calentamiento de agua y producción de energía en la lechería del PPA. 2.-Evaluar el potencial del sistema de captación térmica y fotovoltaica en la zona de Santa Clara de Florencia, mediante el registro de las variables climáticas y el procesamiento de estas a través de un sistema computarizado de base de datos. 3.-Transferir los resultados a través de un programa de capacitación a productores y estudiantes sobre el uso de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos en un área demostrativa didáctica. .

METODOLOGÍA

Los equipos instalados están ubicados en la lechería del Programa de Producción Agropecuaria de la Escuela de Agronomía del TEC y en dos laboratorios; estos son los laboratorios de calidad de carne y de biocontroladores como un Área Demostrativa Didáctica. Tal y como como se ve en las fotos 1, 2 y 3.

El proyecto se enmarcará en tres etapas, a saber:

Primera etapa

Diseño de un sistema solar termosifónico en la lechería del TEC y un sistema fotovoltaico de generación eléctrica.

Una vez montados el sistema en la lechería se procederá a la toma de datos de la siguiente manera: monitoreo, de variables del sistema, tales como iluminación, nubosidad, horas de luz, radiación solar directa y difusa, masa de agua calentada, temperatura del agua a la entrada del sistema, temperatura del agua a la salida del sistema.

La información de la lechería está en los cuadros no 1, 2 y 3.



Cuadro 1. Lechería seleccionada:

Lechería	Uso de agua caliente	Ubicación
1.-TEC-SSC Zona Norte	Limpieza de equipos de ordeño y refrigeración	Santa Clara
2.- Laboratorio de Calidad de carnes	Uso de agua caliente en el laboratorio para limpieza de huesos y grasas animales	
3.-Laboratorio de Biocontroladores	Uso de agua caliente para control y limpieza.	

Cuadro 2. Características de la lechería del ITCR

Lechería	Área	Kg leche	Volumen diario de uso de agua caliente	Volumen de agua caliente anual	Factura de agua anual	Factura eléctrica colones/mes	Factura eléctrica / anual en colones
ITCR-SSC	24 ha	500 kg	160 l / día	58.40 m ³	¢262 800.00	¢150 000.00	¢1 800 000.00

Cuadro 3. Ahorro total que "podría" generar el sistema por día, por mes y por año

Ahorro de energía	Día	Mes	Año
Ahorro de energía kW/h	14,73	448,00	5.376,00
Ahorro de gas litros	2,65	80,74	968,91
Ahorro en US \$	\$1,75	\$53,29	\$639,48
Inversión: costo del sistema dólares	\$2.720,00		
Recuperación de la inversión	51,0 meses, Si se calentara el agua con gas		

Los equipos a instalar tendrían los siguientes componentes:

Módulos a instalar en lecherías: Sistema de paneles solares térmicos: Paneles solares de calentamiento de agua, tanque acumulador de 302.40 l de agua, con sistema eléctrico auxiliar acoplado. Este tanque tendrá tres previstas interiores para conexión de termopares. Estos termopares estarán conectados a una computadora que registrará los datos de captación de energía y el uso del agua a través de un medidor, válvula de escape; válvula de conexión del sistema solar con el sistema auxiliar eléctrico, Sistema de tuberías de conexión a los equipos para esterilización, base de montaje; instalaciones varias de ajustes de acuerdo a la unidad que consumirá el agua caliente; tanque elevado, en el caso de que sea necesario; termómetros. Sistema de paneles solares fotovoltaicos: Paneles solares fotovoltaicos; sistema de almacenamiento (opcional). Puede ser conectado a la red en generación distribuida de autoconsumo, regulador de carga; inversor, instalaciones varias de conexión, base de montaje en suelo.

Equipo adicional, un CPU, equipo servidor de base de datos, unidad de respaldo de datos, monitores, teclados y cables de conexión.

Segunda etapa: Montaje de sistema fotovoltaico.

Tercera fase: Medición de indicadores y variables. En la tercera etapa se debe trabajar en mediciones de variables, tales como: Masa de agua fría / agua caliente captada por el sol; diferencial (ahorro) con electricidad del sistema en función del uso de los sistemas solares, balance energético de los sistemas en función de la zona; determinar la eficiencia energética y la disminución de los costos de producción, estudio comparativo entre unidades con sistemas y sin sistemas solares; cálculo de la disminución de la huella de carbono. La cual será calculada mediante el producto del valor de los kW/h anuales ahorrados y medidos por el sistema y el valor medio de Kg de CO₂ emitidos en la generación eléctrica en Costa Rica proporcionados anualmente por la Internacional Energy Agency IEA.

Desarrollo de la divulgación de los sistemas

Para lograr que los estudiantes, empresarios, la comunidad y los productores conozcan estos sistemas se desarrollarán: Días de campo; clases a los estudiantes de la Sede Regional. Ficha técnica del módulo aplicado; desplegable del módulo; presentación de los resultados en eventos nacionales e internacionales, ya sean en congresos o seminarios. Publicación de al menos un artículo técnico y científico de los resultados obtenidos.

Este proyecto tiene tres escenarios académicos, a saber, extensión, innovación e investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Andersen, E., Furbo, S., Hampel, M., Heidemann, W., Müller-Steinhagen, H. (2007). Investigations on stratification devices for hot water heat stores. *International Journal of Sustainable Energy*, 32:255-263. Published on line 29 de junio in Wiley Interscience

Andersen, E. (2008). Hot water heat stores by termosiphonics system. *International Journal of Sustainable Energy*. Published on line 29 de junio in Wiley Interscience.

Alvarado, R. (1998). Boletín Meteorológico números 1, 2 y 3. Publicaciones ITCR, San Carlos. Costa Rica.

Berriz, P. L. (2012). La energía solar: base para el desarrollo sostenible. *Energía y Tú*. Número 58. Abril - Junio de 2012. Cuba.

Boletines informativos del IMN. <http://www.imn.ac.cr>. Consultados en el 2013.

Camejo, J. E. (2012). Conectar el sol con la red. *Energía y Tú*. Número 57. Enero - Marzo. Cuba.

CENSOLAR. (1993). Valores medios de irradiación solar sobre suelo horizontal. Primera Edición. España.

Despaigne, H., Torres, A., Maceo, F., Cobián, S. (2003). Sistema solar termosifónico de calentamiento de agua sanitaria en Cayo Las Brujas. *Memorias Primera Convención Internacional de Energía y Medio Ambiente*. Santiago de Cuba: 13 -17 de noviembre.

Guzmán, T., Iglesias, J. (1986). Estudio preliminar del diseño, montaje y prueba de planta de tratamiento

hidrotérmico a la semilla agámica de la caña de azúcar. *Rev. Proyección*. IPROYAZ. p. 15 - 20. Cuba.

Guzmán, T., Iglesias, J. (1987a). Energía solar para la agroindustria azucarera. Informe técnico. Edición ISP JAE. 1987.

Guzmán, T., Iglesias, J. (1987b) Evaluación técnico-económica de una planta solar de tratamiento hidrotérmico a la semilla de caña de azúcar. I Conf. Científica de la ATAC en la AC de Cuba.

Guzmán, T., Iglesias, J. (1989). Planta solar para la termoterapia de la semilla agámica de la caña de azúcar. *Rev. Energía*. pág. 3-7. 1989. Cuba.

Guzmán, T., Iglesias, J. (1991). Instalación solar para termoterapia de la semilla de caña de azúcar. Conferencia. Internacional de Arquitectura e Ingeniería. Nueva York. Estados Unidos.

Guzmán, T., Iglesias, J. (1999). Planta solar de hidrotatamiento para el control de enfermedades en cultivos económicos. *Memorias del Congreso Costarricense de la Caña de Azúcar*. Condovac. Guanacaste. Pag. 250. Costa Rica.

IMN. (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica) (2013). www.imn.ac.cr, consultado el día 9 de febrero del 2013.

Insunza, J. (2013). Meteorología descriptiva. Radiación solar y terrestre, http://www.met.igpp.gob.pe/users/yamina/meteorologia/radiacion_doc_Univ_CHile.pdf, tomado de internet el día 9 de febrero del 2013.

INTA. (Instituto nacional de Tecnologías Agropecuarias) (2011). Ganadería y efecto invernadero: mejor producción, menos contaminación. Consultado 11 marzo del 2013. INTA Informa. <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=6579>

IRENA (Agencia Internacional de energía renovable) (2013) http://www.irena.org/News/Description.aspx?NType=NW&PriMenuID=16&catid=84&mnu=cat&News_ID=312. Consultado en abril del 2013

Khan, M., Abdul Malek, A., Mithu, M., Das, D. (2010). Design, fabrication and performance evaluation of natural circulation rectangular box-type solar domestic water system. *International Journal of Sustainable*

Energy. Vol 2, No 3, sep 164-177.

Landa, M. (2005). Energía solar en España. El potencial solar de España es el más alto de Europa debido a su privilegiada situación y climatología. http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2005/01/11/114942.php, consultado el día 10 de febrero del 2013.

Matthews, C. (2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. Consultado 12 marzo del 2013. FAO Sala de Prensa. <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>.

MINAET. (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones) (2011). VI Plan Nacional de energía 2012-2013. Consultado 12 de marzo del 2013. http://www.dse.go.cr/es/03publicaciones/01PoliticaEnerg/VI_Plan_Nacional_de_Energia_2012-2030.pdf.

Quirós, L. (2011). Calentando el agua y cuidando el ambiente. <http://www.revistaconstruir.com/construccion-sostenible/836>

RES & RUE DISEMINATION (2005). Energía solar térmica. Proyecto de circulación natural y forzada. <http://www.cesu.es/temas>, CONSULTADO EL DIA 10 DE FEBRERO DEL 2013

Rizk, J., Nagrial, M., H. (2008). Impact of reflectors on solar energy. Proceedings of the world academy of Science. Engineering and Technology. Vol 31, July.

Roman, H. (2007). Here comes the sun. Residential solar systems. Power energy. www.techdirections.com. Tomado de internet el día 10 de febrero del 2013.

Shyam S. N. (2005). Energía solar. Conceptos básicos y su utilización. Departamento de Física de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

Shyam, S N. (1996). La energía solar y su utilización. Proyecto de Investigación desarrollados en el departamento de Física de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

Sistema por termosifón. http://www.mimacsolar.es/equipos_forzados.html, tomado de internet el día 9 de febrero del 2013.

Swift K.D. (2011). Is a solar energy system right for your organization?.

Rev. Management Accounting Quarterly. Vol. 12, No 4.

Sopian, K. Syarhri, M., Abdullah, S., Othman, M., Yatim, B. (2007). Unglazed fiber glass reinforced polyester solar water heater whit integrated storage system. International Journal of Sustainable Energy. 10.1061/(ASCE) 0733-9402, 133; 1 (26).

Taiz, L., Zeiger E. (2002). Plant physiology. Chater 7. Photosynthesis. The light reaction. Pag 112-115. USA.

Tinajeros, S. M. (2011). Sistema de calentamiento de agua con energía solar en la ciudad de Arequipa. XVIII Simposio Peruano de energía solar y del ambiente. Universidad Nacional de San Agustín. Escuela de Física, Perú.

Torpey E. (2009). You are a What? Solar Photovoltaic installer. Occupational Outlook Quarterly. Bureau of labor.

Uribe, M. (2007). Cambio del sistema de calentamiento de agua empleando calderas por paneles y otros procesos. Rev. Producción más limpia, julio-diciembre Vol 2, No 2.

UPC (1999). Sistema de calentamiento con energía solar. <http://melca.com.ar/archivos/apuntes/Sistemas%20solares%20termicos%20de%20baja%20temperatura/FI00701C.pdf>. Tomado de internet el día 9 de febrero el 2013

Wongsuwam, W. (2005). Forced circulation solar water heater performance prediction by TRNSYS ANN. International journal of sustainable energy, vol 24, No 2, 69-86.



¿Sabías que...

¿SABIAS QUE CUANDO ESTÁS FELIZ, DISFRUTAS LA MÚSICA. PERO, CUANDO ESTÁS TRISTE, ENTIENDES LA LETRA

DICEN ALGUNOS CIENTÍFICOS QUE ALGO QUE POSIBLEMENTE A TODOS NOS HA PASADO Y ES DEBIDO A QUE LA MÚSICA INFLUYE TANTO EN EL SUBCONSCIENTE QUE ELLA ACTÚA DE DIFERENTES MANERAS DEPENDE DE LAS EMOCIONES QUE TENGAS.