

Estimado lector:

Reciba un saludo de la dirección general y los trabajadores del IRC. Deseándoles un feliz y próspero año 2020.

El objetivo de este año por parte de los especialistas del IRC es incrementar el conocimiento en las ramas de la refrigeración y la climatización, esperando una mejora continua para aumentar la productividad en los diferentes eslabones de la economía cubana.

La refrigeración y la climatización representa entre el 30 y el 60 % del consumo energético en muchas unidades empresariales de base y establecimiento, ya sea para conservar productos como para climatizar locales; dándole cumplimiento a las orientaciones del CITMA en cuanto a la eficiencia energética, el uso de la energía renovable y la protección al medio ambiente. Además, venimos desarrollando un programa de innovación para el desarrollo con proyectos de gestión y capacitación en el desempeño energético.

Lograr la elaboración y aplicación de las Normas de especificaciones de calidad, requisitos técnicos y los indicadores para el desempeño energético y el uso de la energía renovable en la refrigeración es una de nuestras tareas diarias.

**Instituto de Refrigeración y
Climatización
Publicación digital
NOTIFRÍO
Consejo Editorial:**

Presidente:

Ing. José R. Rojo Rodríguez

Vicepresidente:

Ing. Jesús Argudín Quintana

Miembros:

Ing. Oscar Hernández Pérez

Ing. Guillermo Cartaya Alemañy

MSc. Milagros Guzmán Giannotti

Editado por:

Director del boletín:

Ing. Alexander Maura Echenique

Resp. de edición:

Esp. Dannerys Pedraza Leyva

Resp. de publicación:

Tec. Iraida Rodríguez. Comes

Lo que usted puede encontrar

En esta edición...

ARTÍCULOS TÉCNICOS

- + *La condensación flotante, una alternativa para el aumento de la eficiencia energética. /2*
- + *La humedad en los sistemas de refrigeración. /5*
- + *Comportamiento energético de sistemas solares de agua caliente sanitaria bajo distintas condiciones /6*

CURIOSIDADES

- + *Respuesta a la curiosidad del boletín anterior /10*
- + *Tres cosas que quizás no sabías acerca de las cortinas de aire /10*

LA CONDENSACIÓN FLOTANTE, UNA ALTERNATIVA PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ing. Alexander Maura Echenique*, Ing. Benito Wong Castillo

* Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Instituto de Refrigeración y Climatización

Cualquier **instalación frigorífica** presenta un **alto consumo energético** tanto por las elevadas potencias demandadas como por las horas de funcionamiento anuales. Una manera de reducir este consumo de energía se consigue aumentando el Coeficiente de Eficiencia Energética de la instalación (EER por sus siglas en inglés), el cual mide la relación entre el frío producido y la energía eléctrica consumida para conseguirlo según la siguiente ecuación

$$EER = \frac{\text{Potencia Frigorífica [kW]}}{\text{Consumo eléctrico [kW]}}$$

Entre las medidas más utilizadas para aumentar el EER de una instalación, se encuentra la disminución de la presión de condensación. En este contexto la **Condensación Flotante** se presenta como una **alternativa de primer orden**.

¿QUÉ ES LA CONDENSACIÓN FLOTANTE?

Tradicionalmente la presión de condensación (y por tanto la temperatura de condensación) de una instalación frigorífica ha sido un parámetro de diseño elegido para el correcto funcionamiento de una instalación en las condiciones más desfavorables. Tomando como referencia la temperatura ambiente más alta de la localidad donde se va a realizar la instalación, se estima un salto térmico de entre 7°C y 15°C para calcular la temperatura de condensación (en el caso de Cuba se utiliza un valor de temperatura de 45°C en la mayoría de las instalaciones que utilizan condensación por aire).

La **condensación flotante** tiene como principal objetivo, conseguir que la presión de condensación tenga el más bajo valor posible, por lo que esta se deja fluctuar libremente en función de la temperatura ambiente. La disminución de la presión de condensación, reducirá la potencia absorbida en el compresor y en consecuencia, el trabajo de compresión y el consumo eléctrico de la instalación frigorífica, mejoran su eficiencia.

Estos sistemas son especialmente recomendables para aquellas instalaciones en las que las enfriadoras funcionan también en invierno, ya que una temperatura exterior más baja permite reducir más la temperatura de condensación del gas refrigerante.

LIMITACIONES DE LA CONDENSACIÓN FLOTANTE

Para la implementación de este tipo de condensación, es preciso conocer los límites hasta los cuales es posible disminuir la presión de condensación. Los mismos dependerán de:

- Mínima presión de condensación impuesta por el fabricante del compresor o compresores a utilizar.
- Mínima diferencia de presión permitida por la válvula de expansión para operar adecuadamente (en caso de utilizarse este tipo de válvula).

- Al disminuir la presión de condensación, aumenta el volumen específico del refrigerante y por tanto la velocidad, lo cual provoca pérdidas de presión en tuberías y accesorios.

Adicionalmente, al utilizar la condensación flotante hay que sobredimensionar el condensador para que no se produzca **flash-gas** (formación de burbujas de gas en la línea de líquido que viene desde el condensador hacia el dispositivo de expansión) cuando disminuya la presión de condensación.

REGULACIÓN DE PRESIÓN DE CONDENSACIÓN FLOTANTE

Considerando una presión de evaporación fija, la regulación del condensador depende sobre todo de la elección de la válvula de expansión:

- Válvulas de expansión termostática (VET): Este tipo de válvula requiere de una presión de condensación suficiente para funcionar de manera óptima, por lo que, en la práctica la temperatura mínima de condensación queda limitada a la mínima posible para este tipo de válvula.
- Válvulas de expansión electrónica (VEE): Tienen la gran ventaja de poder disminuir drásticamente el consumo energético del compresor. También toleran mejor las variaciones de presión entre su entrada y su salida que las válvulas de expansión termostáticas, lo que implica que aceptan mejor las bajas presiones de condensación.

Para llevar a cabo la condensación flotante se requiere lo siguiente:

- Controlador electrónico con un algoritmo de control que, en función de la temperatura ambiente, establece la consigna adecuada de presión de condensación
- Transmisor de presión para conocer la presión de condensación.
- Sensor de temperatura ambiente.

AHORRO ENERGÉTICO

Para ilustrar el ahorro que se puede alcanzar con el uso de este tipo de condensación, se han elaborado dos tablas. La primera muestra la potencia frigorífica, la potencia absorbida y el EER que puede alcanzar una instalación frigorífica utilizando condensación fija en tanto la segunda muestra los valores que se pueden alcanzar cuando se utiliza la condensación flotante y un salto de temperatura de 10°C.

Los datos de funcionamiento mostrados fueron obtenidos mediante la simulación de un compresor de tornillo de la marca Bitzer modelo CSH6553-35Y que emplea como fluido refrigerante el R-134a. (Se utilizó el software de Bitzer v 6.8.0)

Para determinar la temperatura de condensación flotante, se utilizaron las medias de temperatura ambiente mensuales de La Habana, que aparecen en la base de datos de Energy+ (<https://energyplus.net/weather>)

Tabla 1. Valores alcanzados por una instalación con condensación fija

T _{evaporación} (°C)	T _{condensación} (°C)	PotFrigorífica (kW)	Pot Absorbida (kW)	EER
-5	45	63.7	24.2	2.63

Tabla 2. Valores alcanzados por una instalación con condensación flotante

Mes	T_ambiente (°C)	T_condensación (°C)	PotFrigorífica (kW)	Pot Absorbida (kW)	EER	Ahorro (%)
Enero	21.5	31.5	76.9	19.08	4.03	53.23
Febrero	21.8	31.8	76.7	19.18	4	52.09
Marzo	22.7	32.7	75.9	19.48	3.89	47.91
Abril	24.6	34.6	74.1	20.1	3.68	39.92
Mayo	25.7	35.7	73.1	20.5	3.56	35.36
Junio	26.6	36.6	72.2	20.8	3.47	31.94
Julio	27	37	71.9	21	3.43	30.42
Agosto	27.1	37.1	71.8	21	3.42	30.04
Septiembre	26.5	36.5	72.3	20.8	3.48	32.32
Octubre	25.3	35.3	73.5	20.4	3.61	37.26
Noviembre	23.9	33.9	74.8	19.88	3.76	42.97
Diciembre	22.5	32.5	76	19.41	3.92	49.05
Ahorro Promedio						40.21

VENTAJAS DE LA CONDENSACIÓN FLOTANTE

- Menor consumo de energía.
- Menor impacto sobre el medio ambiente.
- Utilizable con las instalaciones existentes sin modificación ni añadidos.
- Menor desgaste mecánico de los compresores (menos horas funcionando).
- Mayor potencia frigorífica de la instalación.
- Menor probabilidad de fugas (menor presión en alta).
- No necesita formación específica de los mantenedores.
- Menor nivel sonoro de los compresores.
- Mayor duración de la instalación.
- No implica mayor carga de gas en la instalación.
- No aumenta el subenfriamiento de las válvulas.
- Amortización en un período muy rápido de tiempo.

CONCLUSIONES

Aunque la condensación flotante requiere para su correcto funcionamiento de un sistema automático que permita controlar de manera eficiente la presión de condensación y el uso de condensadores de mayor tamaño (lo que supone un costo añadido no despreciable), su utilización supone un ahorro de energía de alrededor del 40% respecto a la condensación fija, lo que la convierte en una medida que proporciona una gran rentabilidad a cualquier instalación frigorífica.

LA HUMEDAD EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.

Ing. Jesús Argudín Quintana*

* Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Instituto de Refrigeración y Climatización

Es bien conocido el peligro que representa un exceso de humedad en los sistemas de refrigeración; debido a que la humedad combinada con altas temperaturas, da origen a fenómenos complejos, sobresaliendo la formación de hielo en la válvula de termo expansión o en el tubo capilar, ácidos en refrigerante y aceite, lodo y hasta quemadura del motocompresor. Aun cuando el contenido de humedad no sea excesivo como para congelarse en la válvula de termo expansión o en el tubo capilar, de todos modos, puede causar algunos de los otros problemas previamente mencionados y, puesto que todos estos efectos no pueden ser detectados de manera ordinaria, es importante el uso de filtros deshidratadores para mantener la humedad en un nivel seguro.

Procedencia de la humedad

Las principales fuentes de humedad son:

1. Mal secado del equipo en su fabricación.
2. Introducción durante la instalación o servicio en el campo.
3. Como producto de la combustión de una flama de gas.
4. Retención en los poros de la superficie de los metales.
5. Fugas en el lado de baja cuando la presión es menor que la atmosférica (vacío).
6. Fugas en los condensadores enfriados por agua.
7. Reacciones químicas (oxidación) de algunos refrigerantes o aceites.
8. Mezclada con el refrigerante o el aceite al cargarlos al sistema.
9. Descomposición del aislante de los motocompresores.
10. Condensación de la humedad del aire que ha entrado en el sistema.

Aunque el contenido de humedad en cada uno de los puntos anteriores no tendría efecto por sí sola, sí se debe de considerar al determinar el contenido global del sistema terminado. Por ejemplo, el aceite a granel contiene entre 20 y 30 partes por millón (ppm) de humedad. Los refrigerantes, también a granel, tienen una tolerancia aceptable de 10 a 15 ppm. Cargar el refrigerante al sistema a través de un filtro deshidratador, siempre será una práctica segura.

Efectos de la humedad

Si se permite que circule por el sistema demasiada humedad mezclada con el refrigerante, puede conducir a cualquiera de los siguientes efectos:

1. Formación de hielo en la válvula de termo expansión, en el tubo capilar o el evaporador, restringiendo el flujo de refrigerante y en algunos casos, obstruyéndolo por completo.
2. Oxidación y corrosión de metales.
3. Descomposición química del refrigerante y del aceite.
4. Cobrizado.
5. Daño químico al aislamiento del motor u otros materiales.
6. Hidrólisis del refrigerante formando ácidos y más agua.
7. Polimerización del aceite, descomponiéndolo en otros contaminantes.

Control de la humedad

Es imperativo que la humedad sea removida de los componentes de los sistemas de refrigeración durante la manufactura y ensamble de equipos nuevos, y que se tomen las precauciones necesarias para evitar que se quede en el sistema durante la instalación, o al hacerle un servicio.

La humedad está presente siempre en todos los sistemas de refrigeración, pero ésta deberá mantenerse por debajo del nivel máximo permisible, para que el sistema opere satisfactoriamente.

¿Qué tanta agua es segura? Nadie lo sabe con certeza, pero en algo estamos todos de acuerdo, y es el hecho de que no debe haber agua libre (suelta) dentro del sistema mientras menos agua haya presente, es mejor.

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE SISTEMAS SOLARES DE AGUA CALIENTE SANITARIA BAJO DISTINTAS CONDICIONES

Osmanys* Fuentes Lombá; Alonso Torres Ten; Yusnel Arzuaga Machado; J.Raúl Massipe Hernández; Wagner Cueva Gonzales

*Centro de Investigaciones de Energía Solar (Trabajo presentado en RECLIEN 2018)

Introducción

El agua caliente constituye un consumo energético importante en una casa teniendo diversos usos como la higiene personal y la limpieza de la casa. A nivel internacional existen algunos estudios de medida de este consumo. En general se considera que un consumo medio típico es del orden de los 40 litros por día y persona. En los países en desarrollo este consumo constituye entre el 30 y el 40% del consumo de energía de un hogar, este porcentaje es mayor que en los países desarrollados, donde el consumo de energía para producir agua caliente sanitaria (ACS) se supone del 26% del consumo total de la vivienda [1]. Pero, en general, a nivel mundial, se ha convertido en el segundo uso energético doméstico en importancia después de la calefacción y la refrigeración. Por esta razón, el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de ser una alternativa ecológica, se ha convertido en una tecnología económicamente atractiva y competitiva en muchos países.

En los últimos años se está produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica en el mundo; los avances tecnológicos permitieron la fabricación de sistemas de mejor calidad y a menor costo y la sociedad está entendiendo la necesidad de sustituir los combustibles fósiles [2].

Un colector necesita ser seleccionado cuidadosamente de acuerdo a la temperatura del fluido que debe proporcionar, para la aplicación prevista y de acuerdo al clima del lugar en el cuál va a estar emplazado. Un colector diseñado para aplicaciones en las que se necesitan fluidos a alta temperatura no resulta más eficiente cuando operan a bajas temperaturas [3, 4, 5].

Aunque muchos estudios se han realizado con la intención de optimizar el uso de estos sistemas [6, 7, 8], se reporta poco en la literatura el análisis de la respuesta energética cuando las condiciones de trabajo son variadas. Teniendo en cuenta su amplia aplicación en los hogares y en procesos industriales se hace necesario identificar los valores que optimizan el rendimiento de los sistemas de calentamiento de agua con energía solar.

Este trabajo tiene como objetivo estudiar el comportamiento energético de un sistema de calentamiento de agua con energía solar bajo diferentes condiciones de explotación (distintas tecnologías).

Materiales y Métodos

El sistema simulado está compuesto de un colector solar de placa plana (C.P.P.) o colector solar plano y un tanque termo-acumulador [9], además de las necesarias conexiones hidráulicas, fig. 1. De este sistema se varió el colector.

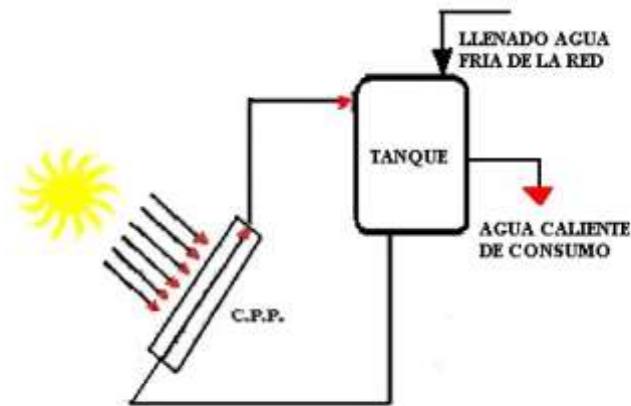


Figura 1 Esquema de sistema de calentamiento de agua mediante energía solar con circulación natural

Se escogieron 6 colectores solares planos con curva de eficiencia conocida [10, 11]. La tabla 1 muestra las especificaciones fundamentales de cada uno de estos colectores:

Colector solar	Rendimiento óptico	Coefficiente de pérdidas	Área de captación (m ²)
Edwards	0,79	3,48	2
Isofotón 1	0.804	7.91	1.88
Isofotón 2	0.76	4.5	1.9
Made	0.85	5.25	2
Roldan	0.715	6.5	1.9
Ibersolar	0.745	3.555	2.3

Para cada colector se analizaron los valores de la energía total producida, la energía útil, la energía auxiliar, la eficiencia del sistema y la fracción solar. Mediante el uso del software TRNSYS v14 [12,13] se simuló el comportamiento termo-energético del sistema para cada mes durante un año obteniendo valores anuales como la sumatoria de los valores mensuales de las energías y el promedio de los valores mensuales de la eficiencia del sistema y la fracción solar.

Se utilizó como data de radiación los datos históricos de la estación actinométrica del Centro de Investigaciones de la Energía Solar en Santiago de Cuba, el CIES desarrolló una data para usar en TRNSYS (wea_cu.dat)[14,15].

Se escogieron los colectores solares modelo EDWARDS, ISOFOFÓN 1, ISOFOFÓN 2, MADE, IBERSOLAR y Roldan por ser de relativo fácil acceso al mercado nacional cubano y contar además con sus respectivas curvas de eficiencia de las que se extrajeron los parámetros de rendimiento óptico y factor de pérdidas citados en la tabla anterior.

Resultados y Discusión

El primer análisis se hizo con la energía aportada por el sistema y la energía auxiliar suministrada para satisfacer la demanda energética anual. La figura 2 muestra estos valores de energía expresados en Watt/h donde se percibe la marcada diferencia entre los valores de energía total que el sistema es capaz de generar utilizando cada uno de los colectores escogidos. Sin embargo, a pesar de estos valores tan diferenciados, la energía útil que se puede aprovechar es muy similar entre los casos estudiados, teniendo entre sí variaciones de valores pequeñas desde un mínimo de 1,7083MW·h, valor que se alcanza al utilizar el colector solar modelo ISOFOFÓN 1 hasta un máximo de 1,7808MW·h, valor alcanzado utilizando el modelo de colector solar EDWARDS.

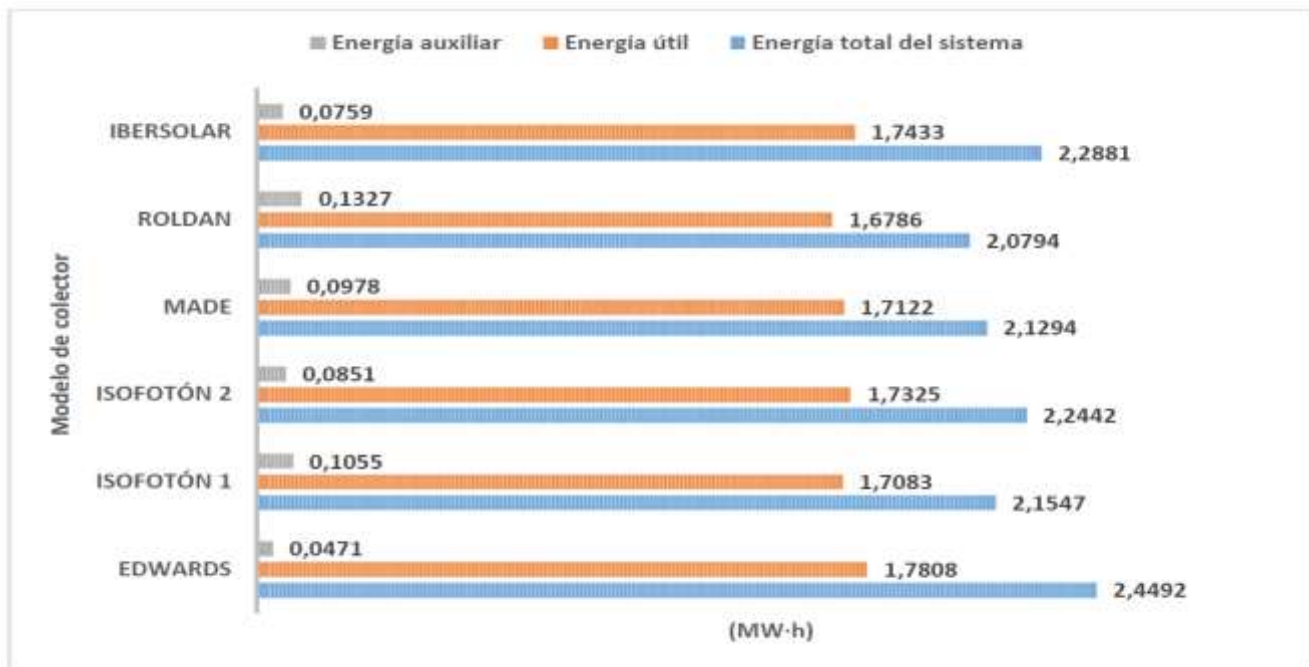


Figura 2 Valor anual de la energía total, útil y auxiliar del sistema solar para diferentes colectores planos

Esta cercanía entre los valores de la energía útil es provocada fundamentalmente por el coeficiente de pérdidas de cada colector. Así se ve que el mayor coeficiente de pérdidas corresponde al colector modelo ISOFOFÓN 1 que genera la menor energía útil, mientras que el modelo EDWARDS que genera la mayor energía útil es el que tiene el menor coeficiente de pérdidas.

La energía auxiliar es utilizada como apoyo para satisfacer la demanda de agua caliente en el año, teniéndose que con estas configuraciones el sistema diseñado satisface esta demanda generando 1,8279 MW·h con el colector IBERSOLAR, 1,8138 MW·h con el ROLDAN, 1,8176 MW·h con el MADE, 1,8100 MW·h con el ISOFOFÓN 2, 1,8264 MW·h con el ISOFOFÓN 1 y 1,8193 MW·h con el EDWARDS. De más está decir que mientras menos energía útil genere el sistema más energía auxiliar será necesaria para satisfacer la demanda anual, en este el gasto energético extra es mayor cuando el sistema utiliza el colector modelo ISOFOFÓN 1 y menor cuando se emplea el colector modelo EDWARDS.

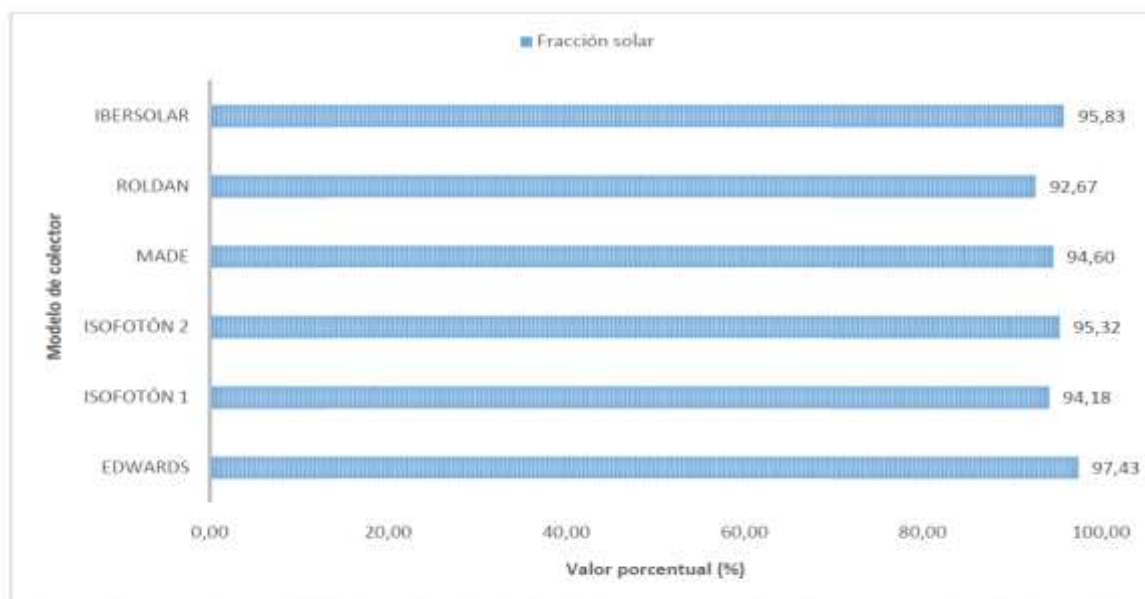


Figura 3 Fracción solar anual del sistema de calentamiento de agua con energía solar para diferentes colectores solares planos.

La fracción solar, cuyo significado es el porcentaje de la energía demandada satisfecho con energía solar, en todos los casos es mayor al 90% teniendo un mínimo para la configuración con el colector ISOFOTÓN 1 de 94,18% y un máximo con el EDWARDS de 97,43%. Todos son valores que representan un amplio empleo de la energía solar en el cumplimiento de la demanda de agua caliente, por lo que, aunque existe diferencia entre estos valores, desde el punto de vista del empleo de la energía renovable los 6 colectores estudiados tienen un comportamiento muy similar al ser capaces de satisfacer la demanda energética con un alto porcentaje solar.

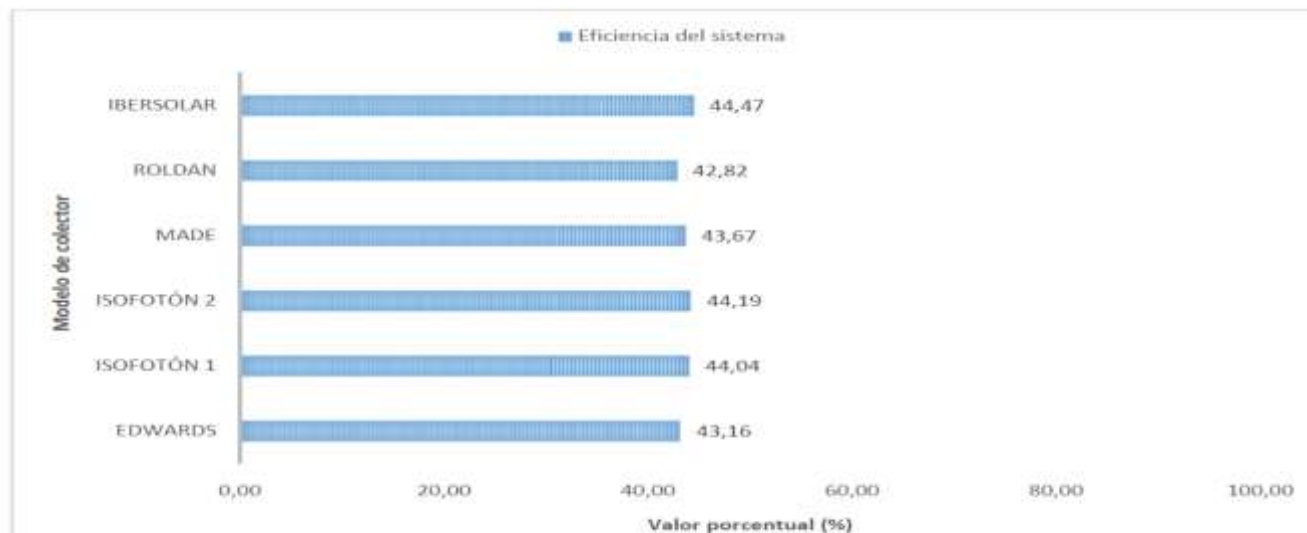


Figura 4 Eficiencia anual del sistema de calentamiento de agua con energía solar utilizando diferentes colectores solares planos.

Finalmente, de la eficiencia del sistema se comprueba que, aunque con pequeñas diferencias, todos los colectores utilizados en el estudio tienen un comportamiento muy similar logrando que el sistema funcione entre el 43% y el 45% de eficiencia.

Siempre debe buscarse, a la hora de diseñar sistemas de calentamiento de agua con energía solar, un equilibrio entre la fracción solar del colector y la eficiencia total del sistema de calentamiento.

Conclusiones

Para las condiciones climáticas cubanas y las exigencias del sistema estudiado los seis colectores escogidos se comportan de manera muy similar entre sí energéticamente, siendo las facilidades del mercado y la economía del sistema el elemento fundamental para su selección, siendo una eficiencia del 40 % y una fracción solar de 90 %, una combinación a la que se puede aspirar en nuestras condiciones actinométricas.

Referencias

- [1] HOLM, Dieter. Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía. White paper. International Solar Energy Society (ISES) Freiburg, Germany. <http://whitepaper.ises.org>, 2005.
- [2] CALLE, John; FAJARDO, Jorge; SÁNCHEZ, Luis. Agua caliente sanitaria de uso doméstico con energía solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca. Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología, 2010, no 4.
- [3] IGLESIAS FERRER, Jesús M.; MORALES SALAS, Joel. Dimensionado de un sistema térmico solar mediante simulación y su validación energética. Ingeniería Energética, 2013, vol. 34, no 1, p. 55-65.
- [4] CHAN, Hoy-Yen; RIFFAT, Saffa B.; ZHU, Jie. Review of passive solar heating and cooling technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, vol. 14, no 2, p. 781-789.
- [5] SHUKLA, Ruchi, et al. Recent advances in the solar water heating systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, vol. 19, p. 173-190.
- [6] ÇOMAKLI, Kemal, et al. The relation of collector and storage tank size in solar heating systems. Energy Conversion and Management, 2012, vol. 63, p. 112-117.

RESPUESTA A LA CURIOSIDAD DEL BOLETÍN ANTERIOR

Estimado lector, en el boletín anterior te mencionamos los diferentes procesos que pueden ocurrir en un determinado sistema termodinámico (procesos isotérmicos, isobáricos, isentrópicos, isocóricos e isentálpicos) y te invitamos a recordar sobre cómo interactúan en un determinado sistema termodinámico con la siguiente interrogante:

Pregunta: ¿En cuál de estos procesos la transferencia de calor, entre el sistema y el medio circundante es cero?

Respuesta: Un sistema no intercambia calor con su entorno, cuando se considera perfectamente aislado, y esto solo ocurre cuando el proceso es reversible e **isentrópico**

TRES COSAS QUE QUIZÁS NO SABIAS ACERCA DE LAS CORTINAS DE AIRE

Uno de los aspectos más llamativos de las cortinas de aire es que se trata de equipos muy adaptables, que pueden utilizarse en todo tipo de espacios, más allá de los locales comerciales y se les puede dar múltiples usos, no solo el típico que es la ventilación, sino que también se conocen las:

1. Cortinas de aire para el control de plagas de insectos.

Hospitales, restaurantes, fábricas alimenticias, entre otros establecimientos, pueden beneficiarse de las cortinas de aire por su función protectora contra plagas de insectos. Al colocarse en la entrada de estos edificios, los insectos se encontrarán con una barrera de aire que les impedirá ingresar al lugar. Lo que se recomienda en estos casos es el uso de un jet más potente en toda la amplitud de la puerta.

2- Cortinas de aire para evitar la contaminación

Las cortinas de aire también son útiles en la industria alimenticia, farmacéutica y sanitaria ya que actúan como protectora contra el polvo y la contaminación, por ello se convierte en un equipo ideal para instalar en la entrada de salas blancas donde los parámetros ambientales deben estar estrictamente controlados.

3- Cortinas de aire y eficiencia energética

Las cortinas de aire permiten un ahorro significativo del consumo de energía gracias a su funcionamiento. Esto se debe a que la premisa de estos equipos es ayudar a mantener el clima adecuado dentro de las estancias. Para ello, operan como barrera o separación de ambientes. De esta forma, impiden que el aire exterior ingrese al local o vivienda, evitando el desperdicio de aire acondicionado o calefacción que está presente en el interior del ambiente, disminuyendo el trabajo del equipo principal de climatización y ayudando a aumentar la eficiencia energética en el lugar. Las cortinas de aire entonces, permiten reducir el costo de funcionamiento de todos los equipos que participan en la climatización del espacio donde se encuentran.