



## **Diseño, construcción e implantación de un calentador solar híbrido en un Consultorio Médico Familiar de Cuba \***

**Julio José Mora Ruiz**

Especialidad: Ingeniería eléctrica.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** Se propuso el diseño y construcción de un calentador solar híbrido para favorecer la calidad en la atención de salud en los consultorios del médico de la familia en lugares apartados, especialmente en las montañas. La eficiencia del calentador solar se calculó a partir de referenciar el mes de diciembre, el de menor radiación solar en la provincia de Holguín. Al prototipo se le adicionó un sistema de control de temperatura para garantizar su funcionamiento en el horario de la noche, el cual puede ser construido de forma opcional, en dependencia de la región donde se emplee, con o sin servicio eléctrico de la red nacional. El calentador solar híbrido fue implementado en el Consultorio Médico Familiar #5 perteneciente al poblado de La Caridad, municipio de Calixto García, Holguín, Cuba.

**Palabras clave:** calentador solar híbrido; material reciclable; radiación solar.

---

\* Trabajo tutorado por el ingeniero Liomnis Osorio Laurencio.

Recibido: 12 julio 2016 / Aceptado: 8 de septiembre 2016.

II Premio Internacional de Tecnologías Apropriadas otorgado por la Universidad Carlos III de Madrid, España.

## **Design, construction and implementation of a hybrid solar heater in a Family Medical Clinic in Cuba**

**Abstract:** To promote quality health care at clinics of family doctors in remote areas the design and construction of a hybrid solar heater was proposed, especially in the mountains. The efficiency of the solar heater was calculated from the reference of December, the lowest solar radiation month in Holguín province. A temperature control system was added to the prototype to guarantee operation in night schedule, which can be built optionally, depending on the region where it is used, with or without electricity from the national red distribution. The hybrid solar heater was implemented in the Family Medical Clinic No. 5 from La Caridad town, Calixto Garcia municipality, Holguín, Cuba.

**Key words:** hybrid solar heater; recyclable material; solar irradiance.

## Introducción

El sistema cubano de salud pública ha evolucionado en correspondencia con la necesidad de cada momento histórico, cada década ha caracterizado desde el servicio médico rural y a la creación del sistema único de salud, pasando por el surgimiento del Médico y la Enfermera de la Familia, hasta el desarrollo de tecnologías y capital humano (Cubadebate, 2014).

Los Médicos y Enfermeras de la Familia, viven y trabajan en lo que se denomina Consultorios Médicos Familiares (CMF), infraestructura creada para que cada cubano tenga, a poca distancia de su casa, atención médica gratuita a cualquier hora. Muchos de estos CMF se encuentran enclavados en zonas rurales y montañosas de Cuba, donde el servicio eléctrico no ha llegado todavía. En muchos casos se cuenta con pequeños generadores eléctricos que funcionan solo durante algunas horas de la noche. Nunca se ha planteado la oportunidad de aprovechar las potencialidades que las fuentes renovables de energía tienen en Cuba, ya sea eólica, fotovoltaica o de otro tipo. Según especialistas, en Cuba se recibe cada año una radiación solar cuyo valor energético equivale a veinte mil millones de toneladas de petróleo. El equivalente al consumo actual de petróleo se recibe en un terreno de apenas 50 km<sup>2</sup> (Bérriz & Álvarez, 2008). Por tal motivo, en este trabajo se toma como punto de partida, la necesidad de mejorar la calidad de vida de los médicos que radican en los CMF de zonas rural con o sin servicio eléctrico, mediante la propuesta de un calentador solar híbrido.

El objetivo principal de la propuesta es calcular y analizar la eficiencia de un calentador solar híbrido construido con materiales reciclados. Este calentador solar fue diseñado y puesto en funcionamiento por el autor del presente trabajo en un Consultorio Médico Familiar del municipio de Calixto García, provincia de Holguín, Cuba. Esta es una zona rural donde existe servicio eléctrico del Sistema Electroenergético Nacional, pero resulta muy ventajoso y beneficioso instalarlo en aquellas zonas rurales donde existen médicos que laboran sin el referido servicio. De esta manera se mejora la calidad de vida de los médicos de los CMF y la comunidad que atienden.

## Características técnicas de la propuesta

La metodología seguida en el diseño del calentador solar propuesto fue tomada del libro *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares* de Bériz y Álvarez (2008) así como las ecuaciones.

Tabla 1. Nomenclatura, definiciones y datos principales

Símbolo	Unidades	Nombre
$\Phi$	grados	Latitud del lugar
$\delta$	grados	Declinación del sol para el día medio del mes dado
$\omega_s$	grados	Ángulo de salida del sol
KT	-	Relación entre la radiación total diaria y la radiación extraterrestre diaria
K	-	Relación entre la radiación total horaria y la radiación total diaria, sobre una superficie horizontal
Kd	-	Relación entre la radiación difusa horaria y la radiación difusa diaria que cae sobre una superficie horizontal
$\beta$		Ángulo de inclinación del colector, esto es, el ángulo formado entre la horizontal y el plano del colector
$\omega$	grados	Ángulo horario
Rb	-	Relación entre la radiación directa sobre una superficie inclinada y la radiación sobre una superficie horizontal
$\theta_z$	grados	Ángulo del cenit, o sea, el ángulo formado entre los rayos que llegan del sol y la vertical
$\theta_T$	grados	Ángulo de incidencia de la radiación directa. Este ángulo se mide entre el rayo y la normal al plano del colector
$\rho_t$	-	Reflexividad de la tierra (o suelo)
n21	-	Índice de refracción del vidrio
$\rho_d$	-	Reflexividad difusa
$\alpha$	-	Absorbencia angular del plato de absorción del colector
( $\tau\alpha$ ) <sub>e</sub>	-	Producto efectivo de transmisividad-absorbencia
a	-	Efecto del polvo sobre la cubierta
b	-	Efecto de la sombra debido al diseño del colector
hw	kCal/m <sup>2</sup> h°C	Coefficiente de transferencia de calor entre la cubierta superior y el medio ambiente
w	m/s	Velocidad del viento
T <sub>pm</sub>	°C	Temperatura media del plato de absorción
T <sub>a</sub>	°C	Temperatura del medio ambiente
$\sigma$	kCal/m <sup>2</sup> h·K <sup>4</sup>	Constante de Stefan-Boltzmann
$\epsilon_p$	-	Emisividad del plato de absorción
$\epsilon_g$	-	Emisividad de la plancha transparente de la cubierta
k <sub>b</sub>	kCal/m·h·°C	Conductividad térmica del aislante
L <sub>e</sub>	m	Espesor del aislante lateral
W	m	Distancia entre los tubos o canales del plato absorbedor, medida de centro a centro
D	m	Diámetro del tubo o ancho de la canal por donde circula el fluido dentro del plato de absorción
U <sub>29</sub>	-	Índice de refracción
C <sub>p</sub>	kCal/kg·°C	Calor específico del fluido
A <sub>c</sub>	m <sup>2</sup>	Área del colector
T <sub>f</sub>	°C	Temperatura del fluido que entra al colector
T <sub>a</sub>	°C	Temperatura del medio ambiente

$\Delta T_f$	$^{\circ}\text{C}$	Incremento de la temperatura del fluido a través del colector
$h$	$\text{kCal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$	Coefficiente de transferencia de calor entre el fluido y la pared del tubo o canal del plato de absorción

Tabla 2. Datos del calentador

Área del colector ( $A_c$ )	1,2	$\text{m}^2$
Área lateral ( $A_l$ )	0,2	$\text{m}^2$
Número de planchas de vidrio ( $N$ )	2	-
Espesor de la plancha de vidrio ( $L$ )	0,004	m
Coefficiente de absorción del vidrio ( $k_a$ )	3	$\text{m}^{-1}$
Absorbencia del plato ( $\alpha$ )	0,95	grados
Espesor de la plancha del plato ( $d$ )	0,002	m
Distancia entre canales ( $W$ )	0,11	m
Ancho de las canales ( $D$ )	0,03	m
Temperatura de entrada del fluido ( $T_f$ )	27	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura media del plato ( $T_p$ )	50	$^{\circ}\text{C}$
Inclinación del colector ( $\beta$ )	50	grados
Mes	diciembre	

### Declinación del sol para el día medio del mes dado ( $\delta$ )

La Tabla 3 muestra los valores de declinación del sol para cada mes del año.

Tabla 3. Valores de la declinación y del día del año para el día medio de cada mes. Tomado de Bériz y Álvarez (2008)

Mes	$\eta$	$\delta$
Enero	15	-21,27
Febrero	45	-13,50
Marzo	76	-2,13
Abril	106	9,81
Mayo	136	19,13
Junio	167	23,35
Julio	197	21,33
Agosto	228	13,61
Septiembre	258	2,27
Octubre	288	-9,69
Noviembre	319	-19,05
Diciembre	349	-23,33

De la Tabla 3 se tomó el día  $\eta = 349$  del año, correspondiente al mes de diciembre. Para cualquier día del año puede determinarse por la ecuación 1. La latitud del CMF es  $\phi = 20,9^{\circ}\text{N}$  y  $H' = 3378,39 \text{ kCal}/\text{m}^2\text{día}$ .

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[ 360 \cdot \frac{284 + \eta}{365} \right] \quad \delta = 23,33 \quad (1)$$

### Radiación difusa diaria que llega a un metro cuadrado de superficie horizontal (H'd)

$$f(K_T) = 0,335$$

(Datos facilitados por el Instituto de Meteorología de la provincia de Holguín).

$$H'_d = f(K_T) \cdot H' \quad H'_d = 1131,7 \text{ kCal/m}^2 \text{ día} \quad (2)$$

### Radiación total por unidad de área en una superficie horizontal (H)

Según el mes y la latitud se halló el ángulo de salida del sol ( $\omega_s$ ). Para valores que no aparecen reportados por Bériz y Álvarez (2008) se procede a calcularlos según la ecuación 3.

$$\omega_s = \arccos \cdot (-\tan\Phi \cdot \tan\delta) \quad \omega_s = 80^\circ \quad (3)$$

Los datos de K se obtuvieron a partir del ángulo de salida del sol de Bériz y Álvarez (2008) y luego se calculó H mediante la ecuación 4.

$$H = K \cdot H' \quad (4)$$

### Radiación difusa por unidad de área en una superficie horizontal (Hd)

Con el valor de  $\omega_s$  se determinaron los valores de  $K_d$  para cada hora del día y se calculó  $H_d$  mediante la ecuación 5.

$$H_d = K_d \cdot H'_d \quad (5)$$

### Ángulo de incidencia de la radiación directa sobre el colector ( $\cos\theta_T$ )

Con los valores de la latitud  $\Phi$  y la inclinación del colector  $\beta$  se calculó  $(\Phi - \beta)$  y con este valor y la declinación  $\delta$  se hallaron los valores (interpolando) de  $\Phi_T$  y del  $\cos \Phi_T$ . Para cada hora del día (Bériz & Álvarez 2008). Para otros valores no dados se calcula mediante la ecuación 6.

$$\cos\theta_T = \cos(\Phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos\omega + \sin(\Phi + \beta) \cdot \sin\delta \quad (6)$$

### Determinación el ángulo del cénit para cada hora ( $\cos\theta_z$ ):

Con los valores de la latitud  $\Phi$  y la declinación  $\delta$  se hallan los valores de  $\theta_z$  para cada hora, tomando el valor de  $\beta = 0$ , o sea,  $(\Phi - \beta) = 20,9^\circ$ . Para otros valores se calcula el ángulo de incidencia mediante la ecuación 7.

$$\cos\theta_z = (\cos\Phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega) + (\sin\Phi \cdot \sin\delta) \quad (7)$$

### Cálculo del coeficiente Rb

En este caso se calcula el coeficiente Rb mediante la ecuación 8.

$$R_b = \frac{\cos\theta_T}{\cos\theta_z} \quad (8)$$

### Valores de radiación total que llega al colector (HT)

Mediante la ecuación 9, se calcularon los valores de HT para cada hora del día

$$H_T = (H - H_d) \cdot R_b + \left\{ \left[ \frac{H_d(1 + \cos\beta)}{2} \right] + \left[ H \cdot (1 - \cos\beta) \cdot \frac{\rho_T}{2} \right] \right\} \quad (9)$$

### Valor efectivo del producto transividad-absorbencia del colector ( $(ta)_e$ ):

Los valores de  $(ta)_e$  fueron tomados de Bérriez y Álvarez (2008) para cada valor de  $\theta_T$  y a distintos valores de  $k_a$ , L y N. Para valores diferentes se procede de la siguiente manera: se determina el valor de la transmisividad debido a la reflexión para cada hora, según el ángulo de incidencia ( $\theta_T$ ) y el número de planchas (N) o mediante las ecuaciones 10, 11, 12 y 13.

### Ángulo de refracción ( $\theta_r$ )

$$\theta_r = \arcsin\left(\frac{\sin\theta_T}{\eta_{21}}\right) \quad (10)$$

### Reflexividad de la luz polarizada en el plano de incidencia ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = \frac{\sin^2(\theta_T - \theta_r)}{\sin^2(\theta_T + \theta_r)} \quad (11)$$

**Reflexividad de la luz polarizada perpendicular al plano de incidencia ( $\rho_s$ )**

$$\rho_s = \frac{\tan^2(\theta_T - \theta_r)}{\tan^2(\theta_T + \theta_r)} \quad (12)$$

**Transitividad por reflexión ( $\tau_r$ )**

$$\tau_r = \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{1 - \rho_s}{1 + ((2N) - 1) \cdot \rho_s} - \frac{1 - \rho_p}{1 + ((2N) - 1) \cdot \rho_p} \right] \quad (13)$$

Además, se calcula la transmisividad debida a la absorción mediante la ecuación 14, para cada hora del día.

**Transmisividad debida a la absorción ( $\tau_a$ )**

$$\tau_a = e^{-\frac{k_a \cdot N \cdot L}{\cos \theta_r}} \quad (14)$$

Se calculó la transmisividad total de la cubierta mediante la ecuación 15.

**Transmisividad total de la cubierta para cada hora ( $\tau$ )**

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_a \quad (15)$$

Se determinó el factor ( $\tau_a$ ) para cada hora mediante la ecuación 16. El valor de  $\rho_d$  se encontró en Bériz y Álvarez (2008).

**Producto transmisividad-absorbencia ( $\tau_a$ )**

$$\tau_a = \tau \cdot \left[ \frac{a}{1 - (1 - a) \cdot \rho_d} \right] \quad (16)$$

**Radiación total absorbida por el colector por unidad de área (S)**

$$S = H_T \cdot (\tau_a)_e \cdot (1 - a) \cdot (1 - b) \quad (17)$$

**Coefficiente de pérdidas por cubierta ( $U_t$ )**

Se toma el valor de  $U_t$  de Bériz y Álvarez (2008) para los valores dados de  $N$ ,  $w$ ,  $T_p$  y  $T_a$ .



$$U_t = 1,81kCal/hm^2 \cdot K$$

Otros valores pueden hallarse mediante la ecuación 19, después de haber obtenido el valor de  $h_w$ , mediante la ecuación 18.

$$h_w = 4,9 + (3,27 \cdot w) \tag{18}$$

$$U_t = 0,86 \cdot \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_{pm}} \cdot \left( \frac{T_{pm} - T_a}{N+f} \right)^e + \frac{1}{h_w}} \right\}^{-1} + \frac{\sigma(T_{pm} + T_a) \cdot (T_{pm}^2 + T_a^2)}{(\varepsilon_p + 0,00591 \cdot N \cdot h_w)^{-1} + \frac{(2 \cdot N) + f^{-1} + 0,133 \cdot \varepsilon_p}{\varepsilon_g}} \tag{19}$$

Donde:  $f = (1 + 0,089 \cdot h_w - 0,1166 \cdot h_w \cdot \varepsilon_p) \cdot (1 + 0,07866 \cdot N)$

$C = 520 \cdot (1 - 0,000051 \cdot \beta^2)$  Para  $0^\circ < \beta < 70^\circ < \beta < 90^\circ$ , use  $\beta = 70^\circ$

$e = 0,43 \cdot \left( \frac{1 - 100}{T_{pm}} \right)$

**Coefficiente de pérdidas por el fondo ( $U_b$ )**

Dicho coeficiente se calculó mediante la ecuación 20.

$$U_b = \frac{k_b}{L_b} \quad U_b = 0,42kCal/h \cdot m^2 \cdot K \tag{20}$$

**Coefficiente total de pérdidas laterales ( $U_e$ )**

El valor de  $U_e$  se calculó mediante la ecuación 21.

$$U_e = \frac{k_e}{L_e} \quad U_e = 0,105kCal/h \cdot m^2 \cdot K \tag{21}$$

**Coefficiente total de pérdidas ( $U_L$ )**

A partir de los valores de pérdidas obtenidos con anterioridad se procedió a calcular el coeficiente total de pérdidas mediante la ecuación 22.

$$H_L = U_b + U_e \quad H_L = 2,33kCal/h \cdot m^2 \cdot K \tag{22}$$

**Eficiencia del colector (F')**

Para hallarla primero se calcula el valor de  $U_{29}$  mediante la ecuación 23.

$$U_{29} = \left[ \frac{U_L}{k_d} \right]^{0,5} \cdot \frac{(W-D)}{2} \quad U_{29} = 0,172 \quad (23)$$

Con este valor se determinó el valor de la eficiencia de la aleta (F)  $F = 0,991$ .

De esta manera se calculó el valor de la eficiencia del colector (F') mediante la ecuación 24 y 25.

$$F' = \frac{1}{\frac{W-D}{\pi \cdot D \cdot h} + \frac{D}{D+(W-D) \cdot F}} \quad F' = 0,96 \quad (24)$$

$$F = \frac{\tanh \left[ \left( \frac{U_L}{k_d} \right)^2 \cdot \frac{(W-D)}{2} \right]}{\left( \frac{U_L}{k_d} \right)^{0,5} \cdot \frac{(W-D)}{2}} \quad (25)$$

**Flujo del líquido que pasa por el colector (m)**

$$m = \left( \frac{U_L \cdot F' \cdot A_c}{c_p \cdot \ln(u)} \right) \quad m = 23,4 \text{ litros/hora} \quad (26)$$

$$u = \frac{[S - U_L(T_f - T_a)]}{[S - U_L(T_f - T_a) - U_L \cdot F' \cdot \Delta T_f]} \quad u = 1,142 \quad \ln(u) = 0,13 \quad (27)$$

**Factor de remoción de calor (FR)**

$$F_r = \frac{m \cdot c_p}{A_c \cdot U_L \cdot F'} \cdot [1 - e^{-A_c \cdot U_L \cdot F' / (m \cdot c_p)}] \quad F_r = 0,91 \quad (28)$$

**Energía total ganada por el colector para cada hora del día (Qu)**

$$Q_u = A_c \cdot F_r \cdot [(S - U_L) \cdot (T_f - T_a)] \quad (29)$$

En la tabla que se muestra a continuación se resumen todos los resultados de las variables obtenidos mediante las ecuaciones anteriores. Nótese que la eficiencia teórica promedio del colector es de 50 %, lo cual indica que es un colector solar eficiente para esta instalación.

Tabla 4. Eficiencia del colector

De	a	H	Hd	$\theta T$	$\cos\theta T$	$\cos\theta z$	Rb	HT	(ta)e	S	Qu	$\eta_{hor}$
6 am	7 am	10	0	79,2	0,187			0	0,30	0	0	
7 am	8 am	93	38	65,5	0,415	0,173	2,40	260	0,65	98	22	0,19
8 am	9 am	233	82	51,7	0,619	0,365	1,69	321	0,77	260	163	0,52
9 am	10 am	362	117	38,2	0,786	0,521	1,51	453	0,79	339	260	0,56
10 am	11 am	459	142	25,3	0,904	0,632	1,43	490	0,80	420	358	0,58
11 am	12 m	522	156	15,1	0,965	0,690	1,40	514	0,80	485	420	0,65
12 m	13 pm	522	156	15,1	0,965	0,690	1,40	514	0,80	485	420	0,65
13 pm	14 pm	459	142	25,3	0,904	0,632	1,43	490	0,80	420	358	0,58
14 pm	15 pm	362	117	38,2	0,786	0,521	1,51	453	0,79	339	260	0,56
15 pm	16 pm	233	82	51,7	0,619	0,365	1,69	321	0,77	260	163	0,52
16 pm	17 pm	93	38	65,5	0,415	0,173	2,40	260	0,65	98	22	0,19
17 pm	18 pm	10	0	79,2	0,187			0	0,30	0	0	
Total								407		320	244	0,50*

\*Valor promedio

Hasta esta parte se han calculado las características del colector solar plano, pero la propuesta del presente trabajo consiste en un calentador solar híbrido, que cuenta con una resistencia eléctrica que garantiza el funcionamiento durante la noche.

Esta segunda etapa que se explica a continuación puede ser opcional, consiste en la inclusión de la resistencia eléctrica. Para este trabajo se construyó el calentador solar de forma híbrida, porque el CMF donde se implementó contaba con el servicio eléctrico. Pero su escalabilidad dependerá de si se cuenta o no con el referido servicio. Para el diseño de la parte híbrida del calentador se hizo necesaria la implementación de una estrategia de control, con la finalidad de lograr una temperatura adecuada para un mayor nivel de confort. La figura muestra el sistema de control implementado.

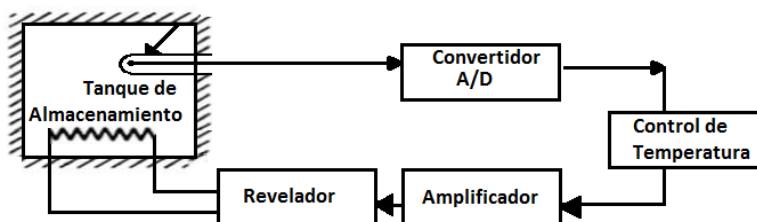


Figura 1. Sistema de control de temperatura.

El sistema térmico está constituido por una resistencia calefactorsa de 20 $\Omega$ /2kW, una termorresistencia y un controlador de temperatura. Para el control de la temperatura se utilizó una termorresistencia Pt-100. En la Tabla 5 se visualizan sus especificaciones.

Tabla 5. Especificaciones de la termorresistencia

Termo resistencia Pt-100	
Largo sumergido	150 mm
Con convertidor incorporado	Inor
Salida	4-20 mA
Técnica	A dos hilos
Temperatura de operación	50°C
Rango	0 a 200°C

Luego, se selecciona un control de temperatura. A dicho control se le fija un Set Point (50C) y, en dependencia de la temperatura que se mida en el tanque de almacenamiento, se activará o no, de manera automática un contacto que alimentará a la resistencia, convirtiendo la corriente que circula por ella en energía calorífica.

La implementación del calentador permite, de acuerdo a las características constructivas de este ejemplo, dotar de agua caliente las 24 h del día al CMF, suponiendo que la resistencia trabaje a partir de las 8:00 p.m. hasta las 9:00 a.m. Luego de realizar algunas pruebas, se verificó que el tanque de almacenamiento de agua caliente es capaz de mantener la temperatura sin intervenir la resistencia durante un promedio de 20 min en el horario de la noche, luego demora aproximadamente 2 min en ajustar la temperatura resultante al valor deseado. Para un promedio de 1 hora y 20 min al día, de trabajo de la resistencia, se obtuvo aproximadamente al mes, un consumo de 72 kW/h. Con la tarifa eléctrica de 0,09 centavos por kW/h se tendrá al mes un gasto de 6,48 CUP.

Los demás componentes del calentador solar son: tanque de fibro-cemento (almacenamiento principal de agua), tanque de aluminio aislado térmicamente con lana de vidrio (almacenamiento de agua caliente), tuberías de níquel, vidrio y aluminio (colector solar) y tuberías de plásticos (conexiones secundarias).

### **Posibilidades de implantación e impacto de la tecnología sobre la población objetivo**

Las zonas montañosas constituyen el 18 % de la superficie del país, con un total de 678 207 habitantes. Geográficamente se divide en cuatro macizos montañosos: Guaniguanico, Guamuhaya, Sierra Maestra y Nipe-Sagua-Baracoa. Desde 1987 a estas regiones montañosas se les conoce como "Plan Turquino" (en alusión a la elevación más alta del país), concebido para darle mayor prioridad y sistematicidad a los

esfuerzos que se venían realizando desde el triunfo de la Revolución por el desarrollo económico, político y medioambiental de esos territorios.

En zonas del Plan Turquino de Holguín, provincia donde se implementó la propuesta de este trabajo (desde mayo de 2016), existen 66 CMF, que pueden beneficiarse de las bondades que ofrece este calentador solar. Su implementación en estas zonas, tendría un gran impacto desde el punto de vista social, puesto que se mejoraría, tanto la calidad de vida de los médicos de familia, como el servicio que prestan a la comunidad de campesinos.

### **Presupuesto de fabricación**

Los materiales con los que se construyó el calentador solar híbrido son, en su mayoría, materiales reciclados. Solo los componentes del sistema de control de temperatura son materiales no reciclados. Este calentador solar se puede fabricar en cualquiera de los talleres de manufactura de los trabajadores por cuenta propia. Los materiales se pueden adquirir en los mercados cubanos.

### **Esbozo de un plan de distribución y venta**

Con la asesoría adecuada, los talleres de manufactura de los trabajadores particulares de Cuba pueden fabricar y comercializar estos calentadores solares. No solo se venderían a los CMF, sino también a la comunidad de campesinos. La salud pública cubana está presupuestada por el estado, por lo que este tipo de propuesta de calentador solar, empleando materiales reciclados, resulta muy práctico para su implementación.

### **Conclusiones**

Se calculó e implementó la eficiencia de un calentador solar híbrido construido con materiales reciclados.

La implementación del calentador híbrido mejora el servicio médico e higiénico-sanitario que recibe la población.

**Referencias bibliográficas**

BÉRRIZ, L. & ÁLVAREZ, M. 2008: *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares*. Editorial Cubasolar, La Habana, 168 p.

CUBADEBATE. 2014: Las transformaciones en el sistema nacional de salud y sus impactos. [en línea]. Consultado: 10 enero 2016. Disponible en: <http://alfonsonino.blogspot.com/2014/03/la-salud-en-cuba-ahora.html>.

TURRINI, E.; MONTESINOS, A. & CALZADILLA, A. (coord.) 2010: *Solarización territorial. Vía para el logro del desarrollo sostenible*. Editorial Cubasolar, La Habana.