



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las  
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

**38**



Conversión de imágenes de gráficos meteorológicos a series temporales de datos.....	1
Anodizado y coloreado negro del aluminio para colectores solares planos.....	17
Criterios y primeras experiencias en el uso del bambú como refuerzo del hormigón prefabricado.....	22
Sustitución del refrigerante R-22 por el propano (R-290) en un aire acondicionado de ventana.....	33
Una aproximación a las relaciones entre el cuerpo humano y la energía.....	42

## **Conversión de imágenes de gráficos meteorológicos a series temporales de datos**

### **Conversion of meteorological graphics images to time series data**

*Por Ing. Tony Guardado Toppes\*, Dr.C. Juan E. Paz Viera\*  
y Dr.C. Guillermo Saura González\**

*\* Centro Meteorológico Provincial, Villa Clara, Cuba.  
e-mail: gcubasol@enet.cu*

#### **Resumen**

Se presenta un método computarizado para el rescate y conversión a series temporales de la información generada por el higrómetro, del cual no se tienen antecedentes en nuestro país. Se procesaron cinco meses de datos registrados gráficamente en diferentes estaciones meteorológicas. Se obtuvieron, mediante escaneo de las gráficas y posterior procesamiento en MatLab, las series cronológicas de las variables en el periodo estudiado, a las cuales se les determinaron sus características fundamentales. El método fue validado a través del estudio de las discrepancias existentes entre las series de temperatura obtenidas manualmente, y las obtenidas por el método de recuperación y análisis gráfico propuesto en este trabajo. No se encontraron diferencias significativas, por lo que se puede concluir que el método propuesto resulta eficaz y eficiente para resolver el rescate digital, y la conversión de imágenes de gráficos meteorológicos, a series temporales de datos.

**Palabras clave:** Digitalización, estimación de parámetros, variables meteorológicas

#### **Abstract**

In this paper we present a computer-based method for the recuperation and conversion to time series of the information generated by the hygro-thermograph. The implementation of such a method has no background in our country. Five months of graphically recorded data at different weather stations were processed. The chronological series of the variables in the studied period were obtained by scanning the graphs and later processing in MatLab, to which their fundamental characteristics were determined. The method was validated through the study of the discrepancies between the temperature series obtained manually, and those obtained by the recovery method and graphic analysis proposed in this paper. No significant differences were found, so it can be concluded that the method proposed

here is effective and efficient to solve the digital recuperation, and the conversion of meteorological graphics images, to time series data.

**Keywords:** Digitization, parameter estimation, meteorological variables

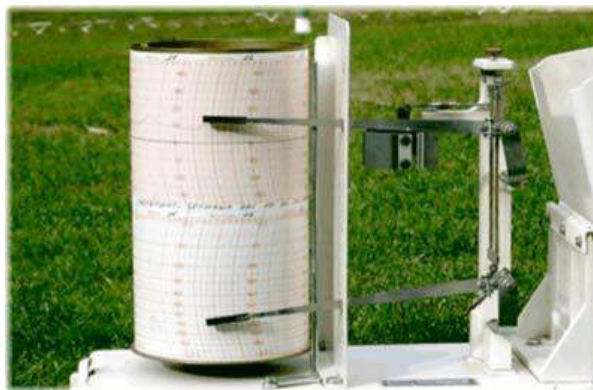
## Introducción

El Sistema Meteorológico Nacional cuenta con una red de estaciones de observación distribuidas en todo el país ubicadas de forma que sean representativas de la región en las que están emplazadas; y que, a la vez, permitan el monitoreo espacio temporal de los diferentes fenómenos meteorológicos que nos afectan [INSMET, 2003].

Las observaciones meteorológicas son realizadas por personal calificado, siguiendo métodos y procedimientos establecidos y perfeccionados con el tiempo, similares en el mundo entero. El sistema está sincronizado a nivel internacional y los datos son compartidos por los sistemas meteorológicos de los diferentes países [INSMET, 2003].

Una parte de las observaciones la realizan los observadores meteorológicos al efectuar lecturas directas sobre los diferentes instrumentos, las que son asentadas en tablas de forma manual y en formato digital en una PC, pasando después al Centro Meteorológico Provincial, y desde ahí para la nación. Otra parte de las observaciones son registradas en gráficas de forma mecánica (Fig. 1) por los mismos equipos [Amarre, 2012]. En este caso, los observadores reportan los valores que aparecen en dichos gráficos.

Todas estas observaciones registradas, ya sea en tablas o gráficos, son archivadas y por tanto expuestas a deterioro, debido a las fluctuaciones climáticas, al desvanecimiento de la escritura, a los agentes biológicos, a las malas prácticas y a las manipulaciones humanas, entre otros factores.



*Fig. 1. Higrotermógrafo. Registra en una gráfica de papel, simultáneamente, la temperatura (en °C) y la humedad relativas del aire (en %).*

Las cuestiones mencionadas anteriormente hacen que sea necesario, a la luz de las nuevas posibilidades que ofrece el proceso de archivo digital, convertir estas gráficas y su contenido, a bases de datos cronológicas en dicho formato. Esos registros gráficos pueden ser rescatados, en una primera etapa, a través de fotografías o escaneando la gráfica, con lo cual se asegura su disponibilidad futura [IEDRO, 2012].

En el Sistema Meteorológico Cubano, existen antecedentes en cuanto al rescate y la administración de datos climáticos [Rodríguez, Borrajero y Martínez, 2013], incluida la salva digital de los gráficos (con formato de imagen). Para la información así conservada (en el caso de los gráficos) se hace necesario un trabajo muy engorroso si se desea procesar el mismo, pues no permite la toma de valores sino a través de un análisis visual por parte del interesado, trayendo consigo la aparición de errores de apreciación, así como de escritura de los valores, mayormente por causa de la mayor o menor experiencia del lector.

Por todo lo anterior, y partiendo de los gráficos (en papel) obtenidos en los equipos registradores de la red de estaciones meteorológicas, y usando técnicas de procesamiento de imágenes por vía computacional, se pretende lograr la conformación de:

1. Series temporales contentivas de las imágenes gráficas para la variable temperatura, lo que permitiría el rescate y conservación de los registros gráficos en peligro de perderse por el deterioro de los materiales originales.
2. Bases de datos digitales con las series temporales de la variable temperatura.

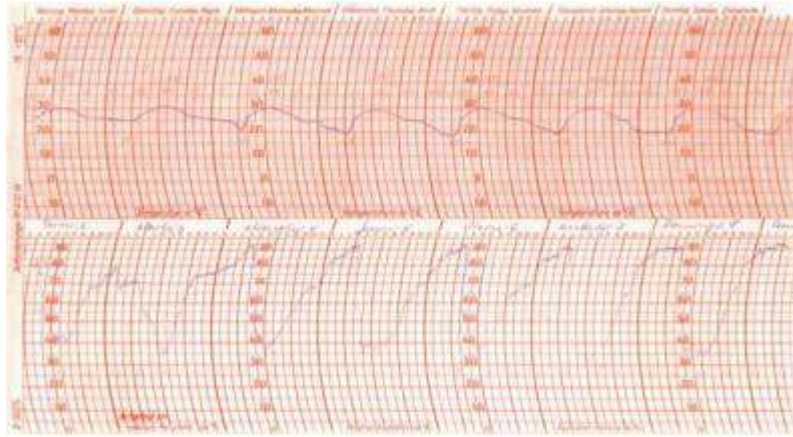
## **Materiales y métodos**

Para realizar esta tarea, se tomaron las gráficas en papel generadas por el higrotermógrafo. Este instrumento tiene (en cuanto a medir la temperatura) una lámina bimetálica doblada en forma de anillo que se contrae y se dilata según los cambios de temperatura, y en la parte de humedad un juego de haz de cabellos que según la humedad existente, hace la función de contraerse y dilatarse. El tambor es movido por un mecanismo de relojería accionado con cuerda. Todos los elementos están dispuestos sobre una base de aluminio que asegura la estabilidad del equipo. El registro se realiza, durante la contracción y dilatación, mediante una pluma de fibra desechable. Estas gráficas registran el comportamiento de las variables de temperatura y humedad relativas, en el plazo de una semana [INSMET, 2003].

### *A. La adquisición de la imagen*

En una primera etapa se adquirieron las imágenes en formato digital, a partir de las cartas en papel obtenidas con el higrotermógrafo. Esto se hizo

mediante el escaneado de las imágenes, utilizando para ello un escáner HP Scanjet 3500c, y el posterior almacenamiento de las imágenes en el espacio de colores RGB (rojo, verde y azul), en un formato de fichero sin pérdidas, tales como BMP y(o) TIFF. Esto último garantiza que no existan pérdidas de detalles en las imágenes y, más importante, que no exista entrecruzamiento de la información entre los canales de colores (Fig. 2).



*Fig. 2. Papel con dos gráficas de temperatura y humedad relativas, generadas por el higrotermógrafo, ya escaneado.*

Para el procesamiento de las imágenes se utilizó el programa MatLab v.7.0 [MatLab, 2014].

En cada una de esas operaciones, con vistas a obtener una serie de datos, a partir de la imagen, se presentarán las principales instrucciones utilizadas, y se ejemplificarán con una de las imágenes estudiadas. En un primer procedimiento se separa la imagen en dos partes iguales, por la horizontal, que la divide con el objetivo de procesar por separado la señal de temperatura.

El primer paso consiste en separar la componente azul de la imagen en formato digital obtenida mediante escaneo, con el objetivo de extraer el trazo hecho por la pluma antes mencionada, la que en todos los casos, y como se observa en la figura 2, realiza un trazo de una tonalidad azul sobre el papel. En una primera aproximación, la operación en MatLab:

```
>> Xb= X(:, :, 3);
```

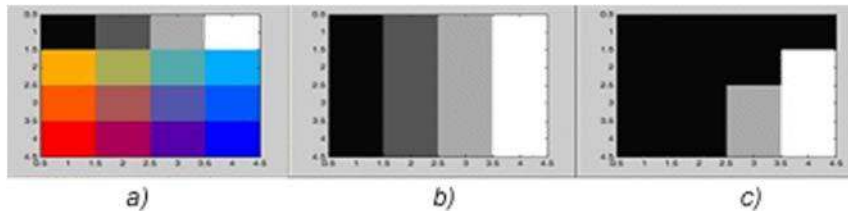
*%, donde Xb es la componente azul y X es la imagen en cuestión.*

Esto daría, como resultado, la mayor parte de los puntos en tonalidad azul. Sin embargo, de esta forma aparecen también estructuras que, en la

imagen original, tienen colores en los que la componente azul tiene relativa intensidad, sin ser estas de alguna tonalidad de este color.

Esto se ejemplifica en la figura 3.

Para una mejor estimación de los píxeles en la imagen con alguna tonalidad de color azul, se toman solamente aquellos donde esta componente es de mayor intensidad que las de colores verde y rojo, al mismo tiempo.



*Fig. 3. a) Imagen inicial en el espacio RGB: en la misma existen solamente 6 píxeles de alguna tonalidad del color azul; b) componente B (azul) de esta imagen, donde se aprecia la contribución de al menos 12 píxeles; y c) posición de los píxeles (5 de ellos), con alguna tonalidad de azul siguiendo la metodología descrita en el texto.*

Las operaciones en MatLab para lograr esto son:

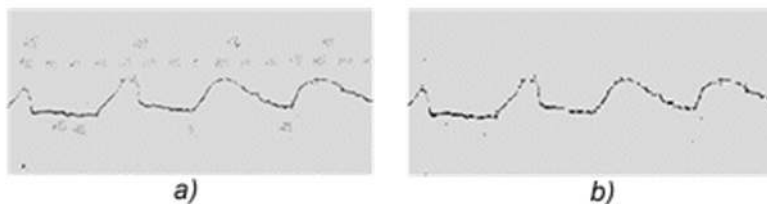
```
>> Xb = (V(:,:,3)> V(:,:,2))&(V(:,:,3)> V(:,:,1)); % donde V(:,:,2) y V(:,:,1)
```

*se refiere a las componentes verde y roja de la imagen, y:*

```
>> Xb = uint8(Xb).*V(:,:,3);
```

*% para recuperar los valores de intensidad de aquellos que resulten de alguna tonalidad azul.*

La figura 4 muestra el resultado que se obtiene con este procedimiento.



*Fig. 4. a) Componente azul de la imagen extraída de forma simple, y b) extraída considerando solo los píxeles de alguna tonalidad de este color. Se observa cómo desaparecen muchos de los ruidos y artefactos. En este caso particular, los hechos con lápiz sobre el papel de color gris en la imagen original.*

### B. Procesamiento de la señal

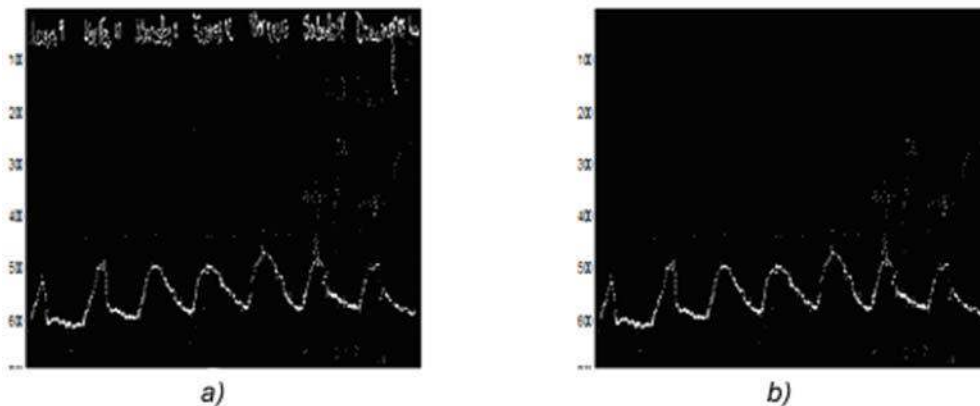
Antes de proceder a estimar los valores de temperatura a partir de la gráfica obtenida, es necesario realizar una serie de procesamientos sobre la imagen, con el fin de mejorar su calidad. En los mismos se trata de eliminar los ruidos y artefactos sobre la imagen que no se corresponden con la señal de interés que, en este caso, conforman el trazo hecho por la pluma sobre el papel.

El procedimiento descrito en la sección A no es suficiente para evitar que aparezcan puntos aislados, y otros trazos correspondientes a anotaciones hechas sobre el papel, como los días de la semana, o anotaciones de algunos valores hechos de forma manual, y en ocasiones con tinta de color azul.

La figura 5a muestra la parte superior del gráfico (sección correspondiente a la temperatura); y 5b, luego de que se ha «borrado» su cuarta parte superior, en la que se encontraban las anotaciones correspondientes a los días de la semana. Esto puede lograrse con el comando siguiente:

```
>> Xb(1: round(M/4),:)=0; %donde M = size(Xb,1);
```

Debido principalmente a errores en la extracción del trazo, o debido a la presencia de artefactos en la imagen original (como las imperfecciones materiales del propio papel), aparecen una serie de puntos aislados en la imagen resultante, que no siempre se relacionan con la señal de interés.



*Fig. 5. a) Parte superior del gráfico correspondiente a la temperatura, y b) luego de borrar la parte superior que contiene las anotaciones de los días de la semana.*

La eliminación de estos puntos se aborda de dos formas diferentes, que se complementan para un mejor resultado. En primer lugar, se emplean las expresiones siguientes (teniendo la imagen en formato lógico; «ceros» y «unos» solamente):



```
>> Xb=(Xb.* circshift(Xb, [0 +1]))|(Xb.* circshift(Xb, [0 -1]));
```

*% productos por los desplazamientos de la imagen hacia la izquierda y hacia la derecha; y:*

```
>> Xb=(Xb.* circshift(Xb, [1 0]))|(Xb.*circshift(Xb, [-1 0]));
```

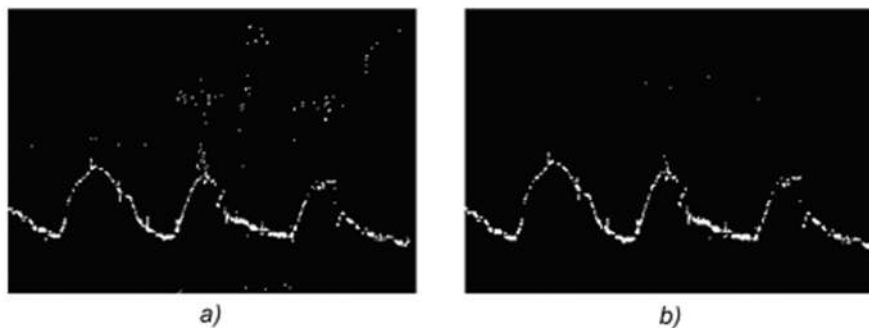
*% productos por los desplazamientos de la imagen hacia arriba y hacia abajo.*

Las anteriores son operaciones del álgebra Booleana, en las que se multiplica punto a punto la imagen por ella misma desplazada, 1 píxel en cada una de las 4 direcciones posibles (a la derecha, a la izquierda, hacia abajo y hacia arriba, utilizando *circshift*). Estas sencillas operaciones garantizan la eliminación de los puntos aislados que no están interconectados con el trazo que representa la señal. Por otra parte, se emplea la función *bwareaopen*, que existe en MatLab, para igual propósito de eliminar los puntos que no están de alguna forma interconectados.

```
>> Xb=bwareaopen(Xb,50);
```

*% función para eliminar puntos aislados interconectados que tengan menos de 50 píxeles.*

La figura 6 muestra el resultado que se obtiene con este procedimiento.



*Fig. 6. a) Sección de la imagen antes, y b) después de efectuada la operación para eliminar los puntos aislados.*

A continuación, y para finalizar la etapa de pre-procesamiento de la señal, se realizó una operación de «cierre» sobre la imagen, que tiene la finalidad de unir puntos cercanos que pertenecen al trazo y que, por defecto en el procesamiento previo, no quedaron unidos entre sí.

Para esto se utiliza la función *imclose*, la que necesita de un elemento estructural que desplaza por cada uno de los píxeles de la señal de la

imagen. En el caso de estas señales, se utilizó un elemento estructural en forma de disco, de 16 píxeles de diámetro.

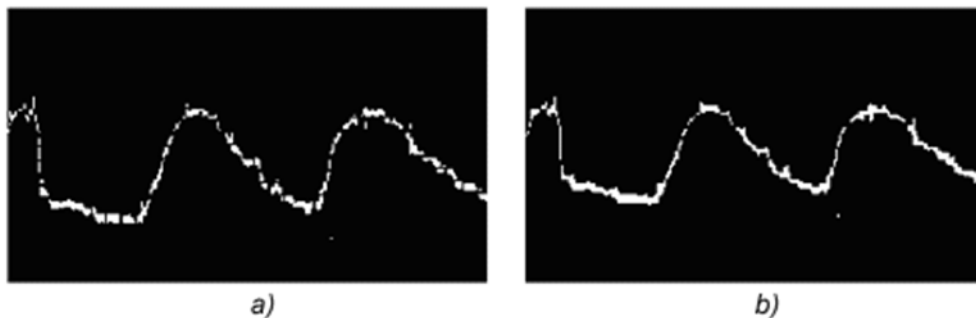
```
>> Elem = strel('disk',16);
```

```
% elemento estructural en forma de disco de 16 píxeles de diámetro,
```

```
>> Xb = imclose(Xb,Elem);
```

```
% operacion de cierre.
```

El resultado que se obtiene puede observarse en la figura 7.



*Fig. 7. a) Sección de la imagen antes, y b) después de efectuada la operación para enlazar la mayor cantidad de puntos de la señal de interés.*

En la misma se observa cómo se logran unir muchos de los puntos que quedaron desligados, debido a las rejillas en color anaranjado propias del papel, aunque no se logra una continuidad total a lo largo de todo el trazo.

Este problema se aborda nuevamente en la próxima sección, al convertir los trazos en la imagen, a valores relativos de temperatura.

### *C. Estimación de los valores de temperatura*

Una vez realizados los procedimientos anteriores, se obtiene la gráfica que representa las variaciones de temperatura en el espacio de tiempo equivalente a una semana, y con un nivel de calidad (limpieza de la imagen) que permite estimar los valores de esta variable. Para lograr esto se hace, en primer lugar, una correspondencia entre las direcciones horizontal (eje «x») y vertical (eje «y») de la imagen, con las variables tiempo y temperatura, respectivamente.

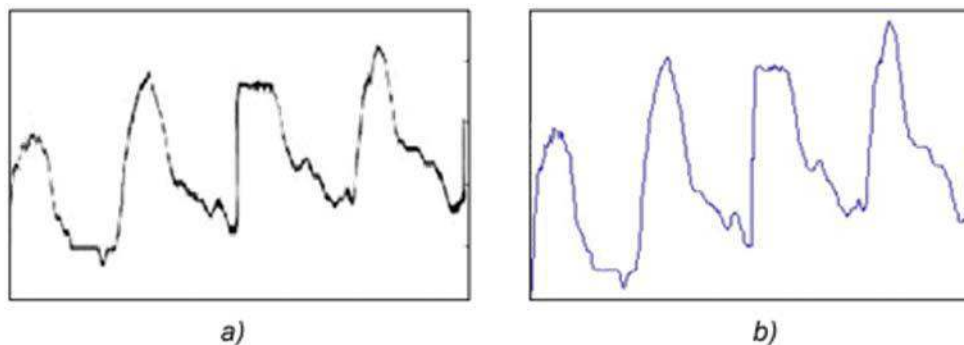
De esta forma, la distancia a la que se encuentra un determinado píxel desde el borde inferior (o superior) de la imagen, estará relacionada directamente con la magnitud de la variable temperatura. De forma similar,

su distancia desde el extremo izquierdo de la imagen estará relacionada con la variable tiempo.

Una lectura de la posición, donde se encuentran los píxeles correspondientes a la señal en cada una de las columnas de la imagen, dará como resultado un conjunto de valores para cada una de las columnas. Esto se debe a que el trazo de la pluma sobre el papel tiene un ancho determinado en la dirección vertical que, al ser la imagen digitalizada, y posteriormente procesada, resulta en un ancho de varios píxeles.

En la práctica, el ancho del trazo se comprobó que oscila entre 4 y 16 píxeles, valor dependiente de la resolución con que se obtiene la imagen durante el proceso de escaneo. Por este motivo, dicho valor fue fijado en 300 dpi (puntos por pulgada), lo cual garantiza una relación señal a ruido óptima para lograr los resultados.

En una primera aproximación, podría tomarse el valor medio de estas lecturas, tomando así el comportamiento promedio del trazo digitalizado. La figura 8 muestra un ejemplo de cómo se logra lo anterior.



*Fig. 8. a) Sección de la imagen antes, y b) después de efectuada la operación para convertir el trazo en la imagen a valores numéricos.*

Como todavía pueden quedar puntos en la imagen, que no pertenecen al trazo principal, se almacena no solo el valor medio de los valores encontrados en cada columna, sino también su desviación estándar. Luego, en un segundo paso, todos los valores medios del trazo que poseen desviación estándar mayor a cuatro veces el valor medio del total de valores, se sustituyen por el valor 0 («cero»).

A continuación se muestra un ejemplo de un segmento del vector resultante, en el cual los elementos 4, 10, 11 y 12 se han hecho nulos:

```
>> T = [34 36 39 0 37 35 35 35 31 0 0 0 35 37...];
```

De la misma forma, se sitúa el valor «cero» en la posición en la que el resultado de examinar una columna es vacío, correspondiente a un segmento inconexo del trazo.

Más tarde, en la etapa siguiente se interpolan alrededor de las posiciones donde existen 0s para eliminar dichos valores, como se muestra a continuación:

>>  $T = [34 \ 36 \ 39 \ 38 \ 37 \ 35 \ 35 \ 35 \ 31 \ 32 \ 33 \ 34 \ 35 \ 37\dots];$

#### *D. Ajuste de los valores obtenidos con los reales*

Como las variables en la carta se miden en escalas lineales, y no se introducen distorsiones durante el proceso de escaneo, se puede asumir entonces una relación lineal, entre las posiciones de los píxeles en la imagen escaneada y las variables temperatura y tiempo de la carta en las direcciones de los ejes «x» y «y», respectivamente. Esta relación se puede escribir de la manera siguiente:

$$VR = m \cdot VP + T_0 \quad (1)$$

Donde:

$VR$ : Valor real de la variable (temperatura o tiempo).

$VP$ : Posición del píxel en la carta escaneada.

$m$ : Valor de la pendiente que relaciona ambas variables.

$T_0$ : Intersección para el valor real de la variable, que se puede calcular sustituyendo determinado valor real con su valor correspondiente en píxel, en la ecuación (1).

La pendiente se puede calcular de la manera siguiente:

$$m_T = [VR_2 - VR_1] / [VP_2 - VP_1] \quad (2)$$

Donde:

$VR_2$ : Valor real, máximo, del eje de la variable (temperatura o tiempo).

$VR_1$ : Valor real, mínimo, del eje de la variable (temperatura o tiempo).

$VP_2$ : Valor en píxel, máximo, del eje de la variable (temperatura o tiempo).

$VP_1$ : Valor en píxel, mínimo, del eje de la variable (temperatura o tiempo).

A la resolución de escaneo utilizada, la pendiente para calcular la temperatura es de  $-0,0849$ , y la pendiente para calcular el tiempo es de  $0,0508$ .

Una vez realizados dichos ajustes, los valores quedan como se muestran en la figura 9, y luego son exportados a una hoja de cálculo Excel.

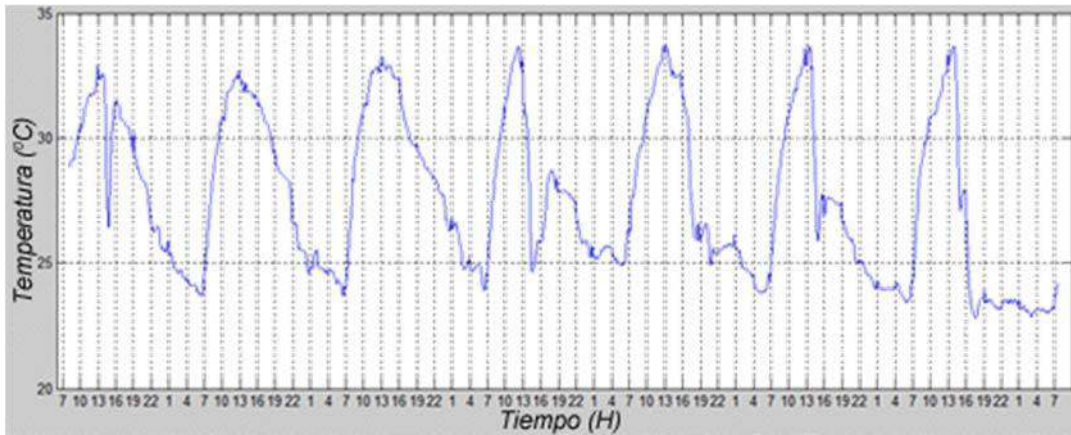


Fig. 9. Valores reales calculados, representados gráficamente.

*E. Factores tomados en cuenta antes de procesar el trazo de la gráfica*

Debido a que durante el escaneo de la gráfica se puede introducir determinada inclinación en la imagen digital, que puede afectar los resultados finales, antes de procesar el trazo del higrómetro, primero, se extrae la rejilla de fondo (color rojo con tonalidades mayor al verde y al azul), la cual se filtra, dejando solamente las líneas horizontales, y se procesa para determinar el ángulo de rotación de la imagen; para ello se suman todas las columnas de la imagen, en formato lógico de ceros para el fondo, y de unos para las líneas; la suma de las líneas, dividida entre el total de píxeles del ancho de la imagen, debe dar un valor muy cercano a uno si la imagen está lo suficientemente alineada respecto a la horizontal; de lo contrario, se va girando la imagen en ambos sentidos hasta determinar su ángulo de rotación.

Otro factor tomado en cuenta es la curvatura de las líneas verticales, y para su corrección se utiliza la ecuación siguiente:

$$x_c = x - r + \sqrt{r^2 - (y - y_0)^2} \text{ [Pixel]}, \quad (3)$$

Donde:

$x_c$ : Tiempo corregido.

$x$ : Tiempo sin corregir.

$y$ : Valor de la coordenada que corresponde a la «x».

$y_0$ : Componente «y» del tiempo corregido (valor de «y» en 25 grados).

$r$ : Radio del arco vertical (longitud del brazo que dibuja el trazo).

A la ecuación (3) se llega utilizando la trigonometría, al igual que para calcular el radio, como se muestra a continuación:

$$r = [DC^2 + BD^2] / [2Q \times DC] \text{ [Píxel]} \quad (4)$$

Donde:

*DC* = 64 píxel, diferencia de las coordenadas «x» en 65 y 25 grados, en el arco.

*BD*: Diferencia de las coordenadas «y» en 65 y 25 grados, en el arco (posición del píxel en 65 grados menos la posición del píxel en 25 grados).

*Tabla 1. Resultados estadísticos de la comparación*

<i>Imagen</i>	<i>1,0 grado</i>	<i>0,5 grado</i>	<i>Media</i>
100802	100%	83,9 %	0,29
100809	98,2%	89,3%	0,25
100816	98,2%	82,1%	0,27
100823	100%	80,4 %	0,30

Una vez que se conocen todos estos parámetros, se procesa el trazo dibujado en la gráfica digital, como se explicó anteriormente.

### **Resultados y discusión**

En la figura 10 se muestra un diagrama de flujo con las funciones básicas del método explicado en este trabajo.

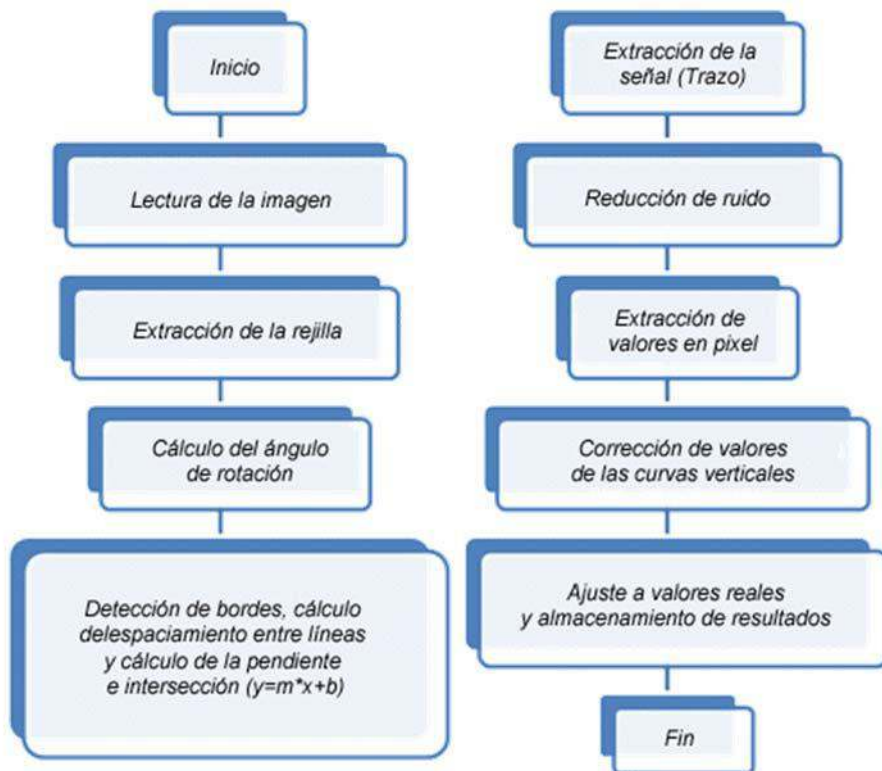


Fig. 10. Diagrama de flujo del método utilizado.

Para comprobar la efectividad del programa, los resultados obtenidos de procesar cuatro gráficas aleatorias, mediante el algoritmo desarrollado en este trabajo, se compararon con los resultados visuales de estas mismas gráficas, almacenados manualmente en una hoja de cálculo. En la figura 11 se muestra la comparación de dichas gráficas.

En este caso específico, 100% de los valores comparados presentan una diferencia menor a 0,99 grados, 83,9% de los valores presentan una diferencia menor a 0,5 grados, y la media de la diferencia total de los valores es 0,29. El resultado de las otras gráficas se muestra en la tabla 1.

Se debe recordar que estas comparaciones son entre los valores extraídos automáticamente y los obtenidos de forma visual por un observador o técnico; esto quiere decir que pueden existir errores de apreciación. Cuando en las hojas de cálculo Excel se observan grandes diferencias entre un valor automático y otro manual, pertenecientes al mismo periodo de tiempo; ello por lo general indica que hubo error de apreciación por parte del técnico. Lo normal es que esta diferencia nunca sea mayor de un grado Celsius.

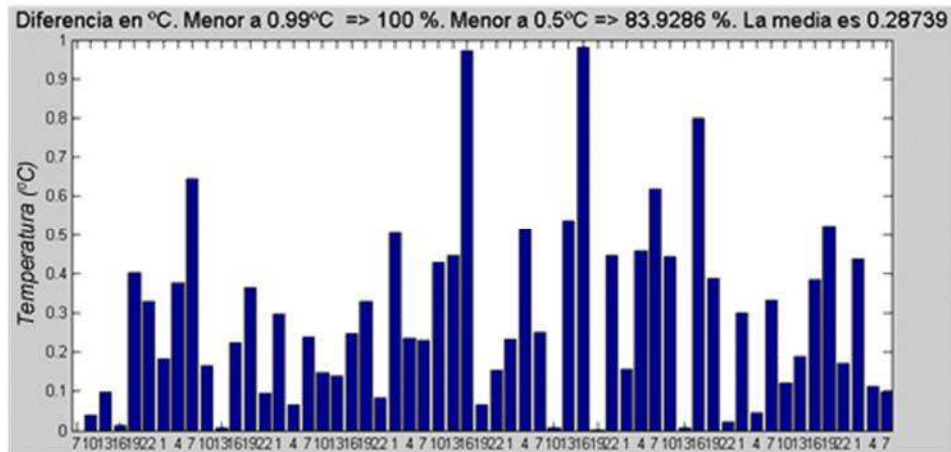


Fig. 11. Gráfica de comparación y algunos datos estadísticos.

## Conclusiones

La metodología empleada en este trabajo permite obtener una serie temporal de temperatura (vector de valores), a partir de su representación gráfica (temperatura vs. tiempo), generada por el higrómetro, con error despreciable cuando se compara con los valores reales de las observaciones meteorológicas, ya que se permite una diferencia de 1 grado entre la temperatura registrada en la gráfica generada mecánicamente, y la observada en los termómetros.

La importancia de este trabajo radica en los resultados que ofrece, ya que realiza el proceso de forma automática, sobre lo cual no se tienen antecedentes hasta el presente, a nivel nacional e internacional; estos permiten tener, en menor tiempo y en formato electrónico, los datos de temperatura registrados en papel por el higrómetro, los cuales, ahora, podrán ser analizados, procesados o almacenados, de forma que permitan estudios más avanzados que utilicen esta variable.

Con este trabajo se pretende extender su funcionalidad hacia el rescate de datos o digitalización de otras variables meteorológicas registradas en papel, aún más complejas, para obtener su serie temporal en formato electrónico. Sirva entonces este material como base para un futuro desarrollo en la línea antes mencionada.

## Bibliografía

AARNINKHOF, S. G. J., B. G. RUESSINK Y J. A. ROELVINK (2005). «Nearshore Subtidal Bathymetry from Time Exposure Images», en *Journal of Geophysical Research*, v. 110, C06011, doi: 10.1029/2004JC002791.



ACHARYA T. Y A. K. RAY (2005). *Image Processing Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, United States of America.

Amarre (2012). *Instrumentos meteorológicos*. Disponible en: <http://www.amarre.com/html/meteorologia/instrumentos/index.php> [Fecha de consulta: 12/03/2012].

BARBOSA, L., G. H. KLEISINGER, H. GRETCHEN, E. E. DEL VALLE Y J. E. MONZÓN (2000). «Implementación de filtros digitales con sistemas computacionales interactivos», Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Exactas. UNNE. 9 de julio, 1449 - (3400), Corrientes, Argentina.

DAVIDSON, M. A., M. VAN KONINGSVELD, A. DE KRUIF, J. RAWSON, R.A.HOLMAN, A. LAMBERTI, R. MEDINA, A. KROON Y S.G.J. AARNINKHOF (2007). «The CoastView Project: Developing Video- Derived Coastal State Indicators in Support of Coastal Zone Management», en *Coastal Engineering Special Issue of the CoastView Project*, v. 54 (6-7), p. 463-475.

DE LA ESCALERA, A. (2001). *Visión por computador. Fundamentos y métodos*. Pearson Education, S.A., Madrid, 274 p.

DIWAKAR, A. S., A. A. KULKARNI Y P. TALWAI (2008). «Rescue and Preservation of Climate Data by Extraction and Digitization from Autographic Weather Charts using Image Processing Tools», en *8th WSEAS International Conference on Signal, Speech and Image Processing (SSIP '08)*, 23-25 de septiembre de 2008, Santander, Cantabria, España: 139-143.

GONZÁLEZ, R. C., R. E. WOODS Y S. L. EDDINS (2004). *Digital Image Processing Using Matlab*, Pearson Prentice Hall, New Jersey, United States of America.

IEDRO (2012) *¿Para qué rescatar datos antiguos?* Disponible en: <http://www.iedro.org/es/about/whyrescueolddata.html> [Fecha de consulta: 22/02/2012].

INSMET (2003). «Instrumentos y equipos meteorológicos», en *Manual del Sistema Nacional de Observaciones*. Instituto de Meteorología, Centro de Atención a la Red de Estaciones, Capítulo 3. Casa Blanca, diciembre de 2003, La Habana, Cuba.

JÄHNE, B. (2005). *Digital Image Processing*. 6th Revised and Extended Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Alemania.

LILLESAND, T. M. Y R. W. KIEFER (1984). *Remote Sensing and Image Interpretation*, By Jhon Wiley and Sons, Inc.

MathWorks Inc. (2002). *Image Processing Toolbox User's Guide*. Versión 3.

MatLab (2004). *The Language of Technical Computing*, Version 7.0.0.19920 (R14), «MATLAB Help».

MENA, J. B. Y A. DALDA (2006). «Digitalización de datos antiguos registrados por el mareógrafo de Alicante», en *5ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Sevilla 2006, España.

MOHAMAD, A., A. TABOADA Y A. FALCÓN (2009). «Obtención de formas de onda de potenciales evocados a partir de su representación gráfica», en *VII Congreso Internacional de Informática en la Salud*, La Habana, febrero de 2009, Cuba.

NIXON, M. S. Y A. S. AGUADO (2002). *Feature Extraction and Image Processing*, 1ra. Edición, Jordan Hill, Oxford, Gran Bretaña.

OMM (1990). *Vocabulario Meteorológico Internacional*. OMM No 182, Organización Meteorológica Mundial.

OMM (2008). *Principales resultados de la 60ª reunión del Consejo Ejecutivo de la OMM*. Disponible en: [http://www.wmo.int/pages/governance/ec/outcomes\\_60\\_es.html#](http://www.wmo.int/pages/governance/ec/outcomes_60_es.html#) [Fecha de consulta: 21/03/2012].

OSORIO, A., J. PÉREZ, C. ORTIZ Y R. MEDINA (2007). «Técnicas basadas en imágenes de video para cuantificar variables ambientales en zonas costeras», en *Avances en recursos hidráulicos*, no. 16, pp. 51-64. ISSN 0121-5701.

PLATANIOTIS, K. N. Y A. N. VENETSANOPOULOS (2000). *Color Image Processing and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Alemania.

PRATT, W. K. (2007). *Digital Image Processing*, 4ta Edición, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, United States of America.

RODRÍGUEZ, G. M., I. BORRAJERO Y D. MARTÍNEZ (2003). «Evaluación de un método de estimación de la radiación solar a partir de registros heliográficos en las provincias habaneras», en *Revista Cubana de Meteorología*, 10 (1): 24-28.

SEEM, R. C.; M. C. BLUME Y J. BARNARD (1979). «Automated Analysis of Charts from Continuously Recording Weather Instruments», *Phytopathology*, 69 (10): 1103-1105.

Xari. Technical Program Development (2006). *The Program Gscanth Evaluates Thermohygrograph Paperstripes*. Disponible en: [http://dufters.de/Alfred/Xari/gscanth/gscanth\\_en.html](http://dufters.de/Alfred/Xari/gscanth/gscanth_en.html) [Fecha de consulta: 5/04/2012].

ZAP. Servicios Digitales (2012). *Digitalización de documentos*. Disponible en: [http://www.zapserviciosdigitales.com/digitalizacion de documentos.php](http://www.zapserviciosdigitales.com/digitalizacion%20de%20documentos.php) [Fecha de consulta: 15/03/2012].

## **Anodizado y coloreado negro del aluminio para colectores solares planos**

### **Black anodized and colored aluminum for flat solar collectors**

*Por Manuel Álvarez González\* y Juan M. Fernández\**

*\* Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía  
(CUBAENERGÍA), Cuba.  
e-mail: malvarez@cubanergia.cu*

#### **Resumen**

Se estudia el anodizado y coloreado negro del aluminio con vistas a elaborar recubrimientos absorbedores para colectores solares planos, cuyos valores de absorbencia y emisividad térmica sean máximos y mínimos, respectivamente.

**Palabras clave:** Absorbencia, emisividad, anodizado

#### **Abstract**

The current paper present the study of black colored anodized aluminum with the purpose of producing absorber coatings for flat solar collectors, whose values of absorbency and thermal emissivity are maximum and minimum, respectively.

**Keywords:** Absorbency, emissivity, anodized

#### **Introducción**

Un renglón importante de las aplicaciones de la energía solar es el desarrollo de recubrimientos de la radiación con propiedades ópticas selectivas. Con su utilización, las pérdidas de radiación disminuyen, por lo que aumenta notablemente la temperatura de trabajo y la eficiencia de las instalaciones solares [Duffie y Beckman, 1974].

En el presente trabajo se estudian las características óptico-selectivas de la superficie de aluminio anodizadas, de explotación, mediante la evaluación de un colector solar plano a flujo forzado.

#### **Procedimiento experimental**

Se realizó por vía electrolítica el desengrase de las probetas de aluminio (5 x 5 cm y espesor 1 mm), sumergiéndolas en hidróxido de sodio (1%), después se decaparon con hidróxido de sodio (20%) a una temperatura entre 50 y 70 °C, sumergiendo la probeta en la solución por breves periodos de tiempo; luego se lavó abundantemente, se neutralizó con breves inmersiones en ácido nítrico (10%) y se volvió a enjuagar.

El anodizado se llevó a cabo mediante el proceso con ácido sulfúrico (230 g/L) [Massuet, 1968]. En la preparación del baño se incorporó el ácido concentrando el agua lentamente, y agitando.

La tensión se mantuvo en 16 V y el tiempo de anodizado fue de 30-60 minutos. El teñido negro se llevó a cabo con un colorante comercial LLW (10 g/L) y un valor del pH de 3,8, sumergiendo las probetas durante 30 minutos.

El sellado final se realizó con agua desionizada, acetato de níquel (5 g/L) y acetato de cobalto (2 g/L) a 98 °C durante 60 min (pH = 5,3,7) [Silman, 1955], así como por el método de inmersión en agua destilada.

Posteriormente, se sometieron a las condiciones de explotación con el fin de determinar qué método de sellado permite una mayor durabilidad de los recubrimientos elaborados.

Los valores de absorbencia solar se determinaron en un espectrofotómetro FM-85 y la emisividad térmica en un termoradiómetro TIS. Finalmente, se evaluó la eficiencia de un colector con superficie anodizada y coloreada de negro, a flujos de 6 y 12 L/h [Bérriz, 1978].

## **Resultados y análisis**

En la figura 1 se muestra la reflexividad espectral en la región del espectro solar (0,3-2,5  $\mu$ ) de algunos de los recubrimientos elaborados, donde se observa una disminución notable de la reflexividad del aluminio a medida que aumenta al espesor de la capa anodizada y coloreada de negro, para 12 y 24  $\mu$  de espesor.

Las figuras 2 y 3 muestran las curvas de temperatura de entrada y salida de un colector solar plano a flujos de 12 y 6 L/h, respectivamente, así como las curvas de radiación solar correspondientes a los días en que se realizó la prueba.

Los minutos en la curva de la figura 3 se deben a la presencia de nubes durante breves intervalos de tiempo, lo cual impide la incidencia de la radiación directa.

La tabla 1 demuestra que el tiempo de anodizado óptimo es de 60 minutos, ya que se obtiene el valor máximo de absorbencia, permaneciendo la emisividad cercana al valor del sustrato, lo que significa que la capa es transparente a la radiación infrarroja.

Las tablas 2 y 3 contienen los datos de la eficiencia horaria y diaria. Para 3 L/h se obtuvo una eficiencia de 45%, y para 12 L/h de 46%. Esta diferencia se explica por el hecho de que, a menor flujo, la temperatura que se

alcanza en la superficie del plato absorbedor es mayor, y por lo tanto, las pérdidas por radiación son mayores, con la consiguiente disminución de la eficiencia del colector.

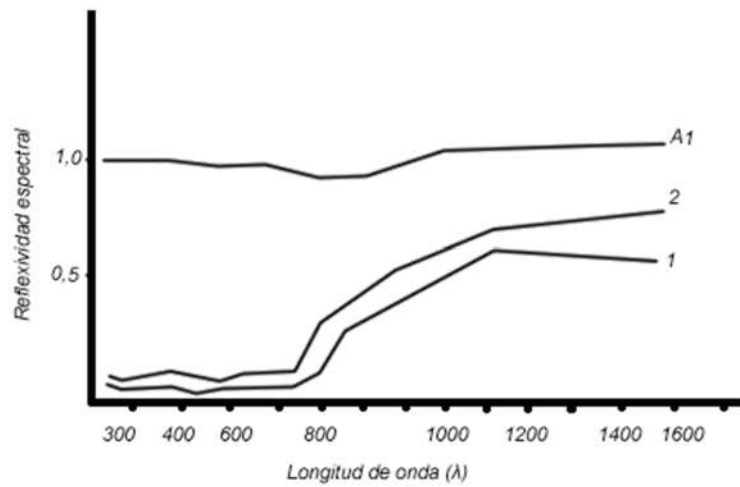


Fig. 1 longitud de onda ( $\lambda$ )

Tabla 1.

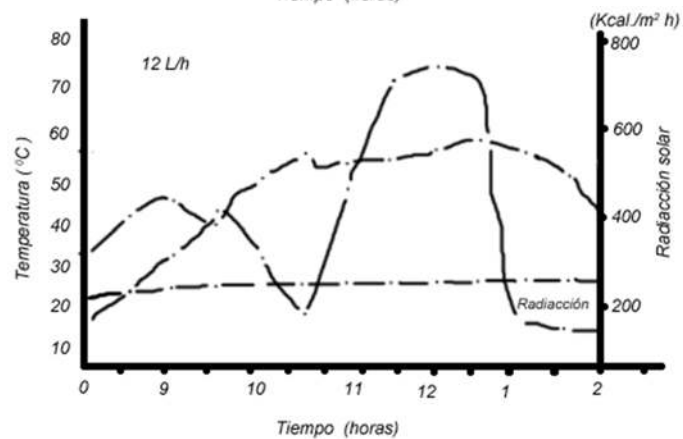
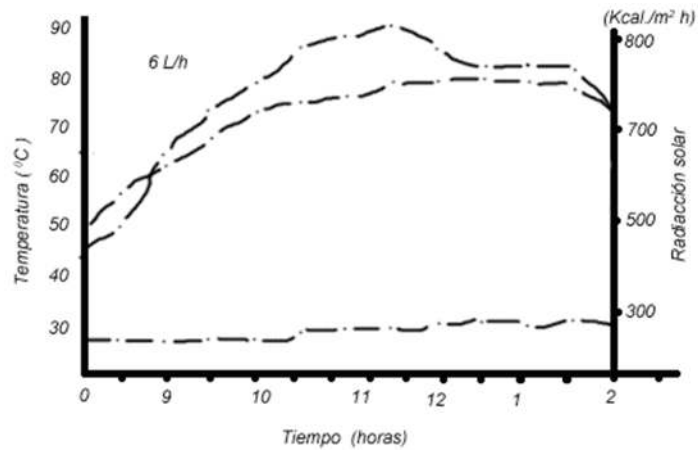
Tiempo de anodizado	60 min	30 min
$\alpha$	0,89	0,74
$\epsilon$	0,22	0,17

Tabla 2. Datos de eficiencia horaria y diaria para flujos de 6 L/h

Horas	Radiación solar, kcal/m <sup>2</sup> h	Eficiencia horaria, %
8:30	218	19,3
9:30	376	32,0
10:30	560	38,6
11:30	721	36,6
12:30	716	40,6
1:30	726	41,3
2:30	693	41,1
Eficiencia diaria = 45%		

Tabla 3. Datos de eficiencia horaria y diaria para flujo de 12 L/h

Horas	Radiación solar, kcal/m <sup>2</sup> h	Eficiencia horaria, %
8:30	376	42,1
9:30	560	42,1
10:30	721	39,4
11:30	716	39,4
12:30	226	39,4
1:30	693	56,3
2:30	196	56,3
Eficiencia diaria = 46%		



Figs. 2 y 3. Curvas de temperatura de entrada y salida de un colector solar plano a flujos de 6 y 12 L/h, y curvas de radiación solar correspondientes a los días en que se realizó la prueba

En la elaboración de estos recubrimientos se puso de manifiesto que es aconsejable realizar el proceso de sellado final con el uso de acetato y cobalto, que junto a una buena selección del colorante permite aumentar su resistencia de los mismos a la acción de sellado solar. Con la aplicación del método de sellado de inmersión en agua destilada no se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que las superficies se degradan con un tiempo de exposición a los rayos solares de un mes, aproximadamente.

### **Conclusiones**

Con la tecnología de anodizado negro del aluminio se obtienen superficies absorbentes con valores de la absorbencia solar  $\alpha_s$  y la emisividad térmica  $\epsilon$ , que se encuentran dentro del intervalo característico de las superficies selectivas preparadas por otros métodos.

Se recomienda mantener un control estricto e invariable de los parámetros que intervienen en el proceso de elaboración de estas superficies absorbedoras, con vistas a alcanzar valores destacables de las propiedades ópticas y una mayor resistencia a la acción de la radiación solar.

### **Bibliografía**

- BÉRRIZ, L. (1976). Cálculo de colectores e instalaciones solares, Informe Científico Técnico 3, ACC, 1976.
- DUFFIE, J. A. Y W. A. BECKMAN (1974). Solar Energy Thermal Processes. John Wiley and Sons, 1974.
- MASSUET, G. V. (1968). Anodizado y coloreado del aluminio y sus aleaciones. 1968.
- Silman, M. (1955). Acabado químico y galvanoplástico de los metales. 1955.

## **Criterios y primeras experiencias en el uso del bambú como refuerzo del hormigón prefabricado**

### **Criteria and first experiences in the use of bamboo as reinforcement of prefabricated concrete**

*Por Ing. Jorge Luis Cortada Ferrera\**

*\* Especialista de la Empresa de Hidroenergía,  
La Habana, Cuba.  
e-mail: jcortada@hidroe.une.cu*

#### **Resumen**

Se exponen los resultados preliminares obtenidos sobre la utilización del bambú como refuerzo en elementos prefabricados, la forma de preparar el material y las mallas de refuerzo. Se incluyen los valores obtenidos en la aplicación de pruebas de carga directa y se establece un criterio de utilización de acuerdo a la investigación realizada y las necesidades de la producción. Para los elementos de hormigón prefabricados utilizados se eliminó 90% del acero de refuerzo. Esta solución alternativa se encuentra en fase de prototipo, debido a que aunque el bambú silvestre existe en muchos lugares del territorio, es necesario su cultivo con fines económicos. En el trabajo se esbozan las posibilidades del bambú en la solución de numerosas necesidades y usos, que pueden asegurarse si se acomete el cultivo y explotación de esta gramínea.

**Palabras clave:** Bambú, hormigón prefabricado

#### **Abstract**

The preliminary results obtained on the use of bamboo as reinforcement in prefabricated elements, the way to prepare the material and reinforcement meshes are exposed. The values obtained in the application of direct load tests are included and a criterion of use is established according to the research carried out and the needs of the production. For the prefabricated concrete elements utilized, 90% of the reinforcing steel was removed. This alternative solution is in the prototype phase, because although wild bamboo exists in many parts of the territory, it is necessary to grow it for economic purposes. The paper outlines the possibilities of bamboo in the solution of numerous needs and uses, which can be ensured if the cultivation and exploitation of this grass is undertaken.

**Keywords:** Bamboo, prefabricated concrete



## **Bambú**

El nombre común de bambú se atribuye a unos 45 géneros de plantas herbáceas de apariencia arbórea. Esta planta abunda mucho en el sureste asiático, con cientos de aplicaciones prácticas, en la construcción, decoración, fabricación de papel y como alimento. Los tallos, llamados cañas, están formados por secciones huecas o entrenudos, interrumpidos a intervalos regulares por nudos, que dan al conjunto un aspecto segmentado.

## **Introducción**

La madera en sus múltiples usos se encuentra extendida en todas las actividades de la construcción, y constituye un material indispensable cuya limitante es la constante disminución de su disponibilidad y el incremento de sus costos, lo que hace de este material, en la actualidad, un recurso prohibitivo para nuestra economía. Esta realidad nos impone la apremiante necesidad de buscar en nuestro medio natural otras posibilidades que, aunque no sustituyan totalmente a la madera, contribuyan al menos a atenuar este déficit.

La búsqueda de tal solución nos ha conducido a encontrar una respuesta múltiple: redescubrir en nuestro medio un material capaz de asimilar muchas más responsabilidades que aquellas que podemos aprovechar de inmediato.

El bambú es este versátil material. Existe de modo silvestre en el país, en varios géneros, especies y variedades; ha estado presente en los Festivales de la Toronja y en aplicaciones artesanales o utilitarias que la práctica popular ha sabido aprovechar, pero nunca al máximo de sus posibilidades de utilización, como los pueblos asiáticos y de nuestra América le han dado durante siglos.

Dadas las limitaciones que se vienen produciendo en el suministro de barras de acero y alambrón, entre otras causas, ha tenido lugar una drástica reducción de la producción de elementos prefabricados de hormigón. Conociendo las posibilidades de uso del bambú en el refuerzo de elementos de hormigón, se investiga y establecen criterios para su empleo en determinados usos, y para mantener su producción sin la utilización del acero, o reduciéndolo al mínimo posible.

## **Desarrollo**

### **Búsqueda del bambú en el territorio**

Con el propósito de emplear el bambú como elemento estructural para la construcción de andamios, se cortaron dos lotes en los alrededores del

poblado de La Fe. No se procedió a la identificación por género y especie de los tallos colectados, dado que no se trataba de una investigación botánica y ello no constituía un objetivo de este trabajo; el propósito principal consistía en utilizar ese material para solucionar el problema inicialmente planteado.

### **Curado del bambú**

Para cualquier utilización en la que se pretenda utilizar el bambú de modo duradero, este organismo vivo debe ser curado, eliminando de su estructura leñosa la savia que contiene azúcares y almidones.

Después de cortado el tallo de bambú, los microorganismos e insectos provocarán la destrucción de la caña en breve tiempo; para evitarlo es necesario eliminar la savia de su

El tratamiento a que fue sometido el bambú consistió en el más simple: corte de los tallos, dejándoles drenar la savia durante tres semanas, otras tres semanas fueron mantenidos en agua y finalmente puestos a secar al sol por otro período similar. El bambú así tratado fue utilizado para los trabajos prácticos aquí descritos.

### **Propiedades mecánicas**

A partir del 2 de diciembre de 1991 se realizaron en el Laboratorio de Materiales de la ECI No. 4, 33 ensayos de resistencia a la compresión sobre cañas cortadas en la relación de diámetro-longitud 1:2, que arrojaron un valor medio de 27,4 MPa con valores extremos de 47,9 y 11,4 MPa. En esta serie se incluyeron todos los diámetros disponibles desde 29,5 mm a 124,8 mm, correspondiendo los máximos valores de la resistencia a la compresión, con la mayor relación de masa.

No fue controlado el contenido de humedad en las probetas, siendo este un factor que influye notablemente en el resultado de las propiedades mecánicas, reduciéndolas según aumenta su contenido. Si bien los ensayos realizados pueden ser más amplios y completos, al menos permiten orientarse en el cuadro resumen obtenido de la bibliografía utilizada (Tabla 1).

*Tabla 1. Propiedades físicas, mecánicas y químicas del bambú. Valores promedios para 70 especies (datos tomados de la bibliografía)*

1	Contenido de humedad	17	%
2	Relación volumen-peso	0,7	

3	Valor calórico	6 890	cal/g
4	Contenido de fibra	80	%
5	Longitud de la fibra	1 750	micras
6	Resistencia a la tracción	370	MPa
7	Resistencia a la compresión	85	MPa

El valor de la resistencia del bambú a la tracción resulta suficientemente elevado como para soportar esfuerzos moderados en estructuras de hormigón. Esta posibilidad se experimentó desde la época de la II Guerra Mundial por numerosos investigadores, existiendo alguna información disponible [Helmut y Cox, 1983]. Sin embargo, tal aplicación en Cuba no tiene antecedentes conocidos, y los ensayos realizados en la Planta José Antonio Echevarría, de Nueva Gerona, pudieran constituir la primera experiencia nacional en este campo.

Experiencias obtenidas con elementos de hormigón prefabricado

A partir de diciembre de 1991 se produjeron varios elementos armados en diferentes variantes:

- Cañas redondas tratando de imitar la malla de acero.
- Cañas redondas y acero combinado.
- Mallas realizando una trama tejida con tiras de bambú.

Esta última variante resulta la más prometedora, dado el comportamiento de los elementos producidos.

*Tabla 2. Elementos ensayados*

Elemento	Uso	Peso, kg	Dimensiones, m	Acero		Apoyo
				kg	Æ, mm	
ET 84-02	Revestimiento de taludes	265	1,80 x 1,00 x 0,05	4,34	6	Total
Tabletas	Túneles populares	65	1,00 x 0,20 x 0,10	2,25	10	Simple

La tabla 3 muestra las lecturas realizadas durante la prueba de carga directa efectuada a las losas ET 84-02, armadas con una malla tejida con tiras de bambú de 40 mm de ancho. La trama realizada tiene una densidad de 11,2 cuadrículas por metro cuadrado, colocando las tiras según la distribución del refuerzo original. Se sustituyó todo el acero excepto el utilizado para los ganchos de izaje, lo que significó una reducción de 90% al emplear solo 0,45 kg del acero especificado (4,34-3,90).

Todos los elementos armados con bambú soportaron la prueba más difícil: su despegue e izaje a las 24 horas, cuando la resistencia del hormigón aún es mínima. No se produjo ningún caso de colapso, deformación o fisuración de los elementos sometidos a la prueba, o durante su izaje.

### **Prueba de carga directa**

Las pruebas de carga directa se realizaron bajo las especificaciones de la Norma Cubana NC 53-007 sobre la losa simplemente apoyada con una luz de 1,50 m. La losa se cargó con 40 probetas de hormigón (508 kg) uniformemente repartidas en un área de 1,50 m<sup>2</sup>, para una carga distribuida de 339 kg/m<sup>2</sup>.

La estructura ensayada se considera apta si ocurre la recuperación de 75% de la flecha desarrollada durante la aplicación de la carga máxima, cuando se verifica a las 48 horas de haber sido descargada. En este caso la recuperación ha sido de 100% y ocurre durante el proceso de descarga, por lo que la prueba de carga directa se considera satisfactoria.

Los problemas principales asociados con el refuerzo de bambú no son su resistencia a los esfuerzos, o la deformación bajo las cargas de tensión, como quedó demostrado en los ensayos realizados. De acuerdo con la bibliografía revisada: Helmut B. Geymayer [1983] expone que las cañas de bambú sufren cambios de diámetro del orden de 5%, y de longitud hasta 0,05%, debido a las variaciones en el contenido de humedad, lo que puede dar como resultado el agrietamiento del recubrimiento de hormigón debido a la expansión, o contracción por la pérdida de adherencia entre el bambú y el hormigón.

En algunas de las variantes de refuerzo investigadas, tal criterio se corrobora, pero la variante de las tiras tejidas parece ofrecer una solución a este problema, o al menos una atenuación del efecto perjudicial que se señala a plazos prolongados, y que deberá ser observado todavía.

El resultado obtenido, y teniendo en cuenta que la losa ET 84-02 trabaja totalmente apoyada, es el efecto de agrietamiento o pérdida de adherencia, si estos ocurren, que no afecta la funcionalidad o estabilidad de las obras a las que se destina, y que pudiera mejorarse utilizando solo el acero de los

ganchos de izaje, y la sustitución del resto por una malla de tiras de bambú con menor ancho que el ensayado hasta la fecha, y mayor densidad de cuadrículas por metro cuadrado.

### **Rendimiento del bambú por acero**

La bibliografía consultada [Wenyue, 1987; y Colectivo de autores, s/a] plantea cifras muy variadas para el rendimiento agrícola del bambú: desde 2,5 hasta 135 t/ha. Partiendo del punto de vista desfavorable, se estima que una hectárea a cultivar y explotar, permita coleccionar anualmente de 3 a 15 t de tallos de bambú. Según lo analizado anteriormente, 3,9 kg de acero en la armadura de la losa ET 84-02 son sustituidos por un kilogramo de bambú. Esto significa que una hectárea de bambú brinda la posibilidad de sustituir de 7 a 58 toneladas de acero.

*Tabla 3. Prueba de carga directa. NC 53-007*

<b>No.</b>	<b>Carga aplicada, kg</b>	<b>Flecha, mm</b>	<b>Diferencia, mm</b>	<b>Tiempo, hh:mm</b>	<b>Fecha, dd/mm/aa</b>
1	0,0	0,000	0,000	0:00	18/02/92
2	101,6	0,102	0,102	0:10	18/02/92
3	203,2	0,200	0,098	0:30	18/02/92
4	304,8	0,282	0,082	0:45	18/02/92
5	406,4	0,345	0,063	1:00	18/02/92
6	508,0	0,384	0,039	1:15	18/02/92
7	508,0	0,422	0,038	24:00	19/02/92
8	508,0	0,430	0,008	48:00	20/02/92
9	406,0	0,400	0,030	48:15	20/02/92
10	304,8	0,320	0,080	48:25	20/02/92
11	203,2	0,240	0,080	48:35	20/02/92
12	101,6	0,130	0,110	48:45	20/02/92

13	0,0	0,000	0,130	48:50	20/02/92
14	0,0	0,000	0,000	72:00	21/02/92
15	0,0	0,000	0,000	96:00	22/02/92

### **Cultivo**

El cultivo del bambú es relativamente fácil y crece mejor en suelos fértiles mezclados con arena o grava, y bien drenados, tampoco necesita de mucha agua; tales condiciones, entre otros requisitos para su producción, pueden encontrarse o crearse en las cercanías de las plantas de prefabricado, lo cual evidentemente permitiría reducir el consumo energético en la transportación.

El corte del bambú se realiza en un ciclo anual teniendo en cuenta que los tallos para ser usados en la construcción, por su resistencia, deberán tener entre 2 y 6 años; no obstante, los tallos menores de dos años se emplean en otras aplicaciones como cestería, etcétera.

La planta de Prefabricado General registró un consumo de acero promedio mensual de 31 toneladas (372 ton/año). Si resulta posible sustituir por bambú 10% de dicho consumo, con un rendimiento de 2 ton/ha se requerirían 4,8 hectáreas de bambú para satisfacer esa demanda.

### **Otras aplicaciones**

Como se expresó anteriormente, unas 5 ha de bambú pueden resolver un importante problema económico y energético, sin contar que técnicas de cultivo adecuadas e intensivas pueden multiplicar ese rendimiento. Este solo sería el comienzo de un renglón agrícola capaz de crecer en la medida en que algunas de las aplicaciones que se relacionan a continuación, según la estructura de la planta, sean asimiladas por el potencial creador de los municipios.

*Ramas y brotes:* Las hojas de bambú son un excelente forraje para el ganado vacuno y sus brotes se consideran nutritivos.

*Jugos:* Según la especie, se obtienen medicamentos eficaces para atenuar la fiebre; también se emplea como tónico refrescante, afrodisiaco y para otros fines medicinales.

*Tallo:* Con las cañas redondas, según su tamaño y calidad, se fabrican muebles, instrumentos musicales y deportivos; en la agricultura se emplean en norias, mangos de herramientas, rastrillos, recipientes, cribas, estacas,

etc. También se producen láminas y tableros de bambú contrachapado, o de partículas prensadas, que pueden usarse para muebles, paredes, techos, puertas, aspas de molinos, etc. Existen máquinas y técnicas desarrolladas para la producción de tableros. Otras utilidades son para obras artísticas u ornamentales, y para la fabricación de papel, considerado este de gran calidad.

La producción de pasta y papel de bambú se practica desde hace siglos y todavía es frecuente encontrarla de forma artesanal en China. Una tonelada de pasta sin blanquear se obtiene de cuatro toneladas de caña fresca.

*Tocones y raíces:* Los tocones son un buen material para la escultura artística, y para la producción de carbón vegetal activado. Las raíces se usan para producir cuerdas de cepillos.

### **Resultados económicos**

Solamente considerando el estrecho campo del bambú para la producción de elementos prefabricados totalmente apoyados, la losa ET 84-02 permite alcanzar resultados económicos que, al menos, ofrecen una idea de sus posibilidades de este aspecto.

Una laguna africana requiere 1 576 elementos, los cuales consumen 6,9 toneladas de acero con un valor de 2 000,3 pesos. Producidos con armadura de bambú, el ahorro será de 6,14 toneladas y 1 785,8 pesos.

Utilizando este elemento para la construcción de un canal de 1,80 m de plato y 1,75 m de profundidad, se obtendrá un ahorro de 11,7 ton y 872,54 pesos por cada kilómetro de canal construido. No se dispone de una información precisa sobre las posibilidades constructivas para obras similares en las condiciones actuales, pero estimando la ejecución anual de 5 lagunas y 5 km de canal, el efecto económico se ofrece en la tabla 4.

### **Otra aplicación en la construcción**

Paralelo a la investigación descrita, también se realizó el armado de la losa de fondo para una estación de bombeo que abastece al hidropónico de la ECI No. 4. La EB es suministrada por una tubería de  $\text{Æ} 4''$  con agua proveniente de Los Ocujes, una micropresa cercana. La losa tiene 3,00 m por 2,00 m y un espesor de 0,20 m. Se colocó una capa de prepiso, y sobre ella se situaron separadores de hormigón amarrados con alambre a las tiras de bambú, para mantener la malla separada del piso y evitar que durante el hormigonado esta armadura más ligera se desplace o eleve.

Sobre la losa se montaron una bomba centrífuga, las correspondientes conexiones de tubería y un tubo de  $\text{Æ} 400$  mm y 6 m de altura en posición

vertical a modo de columna de equilibrio con el nivel del embalse, previendo, además, el futuro uso del ariete hidráulico en sustitución de la bomba eléctrica. La malla de bambú tiene iguales características que las descritas para la losa prefabricada ET 84-02. Sobre la losa de fondo no se realizó ningún tipo de ensayo o prueba de carga, pero esta se comportó como si hubiera sido ejecutada con la solución convencional en acero, y no se manifiestan filtraciones, fisuras o deformaciones.

*Tabla 4. Estimación económica para el consumo de acero*

Objeto	Cant. elem.	Armado con acero		Armado con bambú		Ahorro	
		Acero	Costo	Acero	Costo	Acero	Costo
	U	t	CUP	t	CUP	t	CUP
5 lagunas	7 870	34,50	10 042	3,80	1 109,0	30,7	8 936,0
5 km canal	15 000	99,75	18 992	6,74	1 962,0	58,5	1 703,0
Total	22 870	134,25	29 034	10,54	3 071,0	89,2	10 639,0

## Conclusiones

1. La incertidumbre en cuanto a la durabilidad del bambú dentro del hormigón constituye el elemento más desfavorable para la generalización de este recurso en la construcción; por esta razón se requiere realizar ensayos de envejecimiento acelerado en las piezas producidas.
2. Deberán estudiarse los destinos estructurales de las piezas producidas por la Planta de Prefabricado, y determinar aquellos en los que es posible realizar la sustitución sin afectaciones de estabilidad, funcionalidad o durabilidad en su destino de uso.
3. Es necesario continuar y completar este tema de investigación, caracterizando las especies y géneros de bambúes que mejor se avienen a los propósitos y necesidades de nuestra economía.
4. El presente trabajo tiene el objetivo de dar a conocer la labor realizada en la aplicación del bambú en la construcción y su uso como sustituto del acero en el hormigón, pero resulta fundamental llamar la atención en cuanto a que esta planta es un recurso que no puede continuar dependiendo de la espontaneidad de la naturaleza, por lo que debe ser administrado y potenciado, a fin de satisfacer una multiplicidad de necesidades que pueden sustituir o aminorar el



uso de otros recursos y materiales. Por estas razones se recomienda crear un grupo de desarrollo del bambú con la participación de especialistas del INDAF, MINAGRI, ACC, MINFAR, MICONS, MINSAP y MINCIN, que sea capaz de establecer la política de cultivo, producción de máquinas y herramientas que permitan la industrialización o el procesamiento artesanal de este material, para satisfacer una parte de las necesidades y demandas de nuestra economía y la población.

### **Agradecimientos**

A Mohammed Helal Huddin, arquitecto graduado en Cuba, cuya iniciativa y experiencia en su país de origen, Bangla Desh, dieron lugar al inicio a esta investigación.

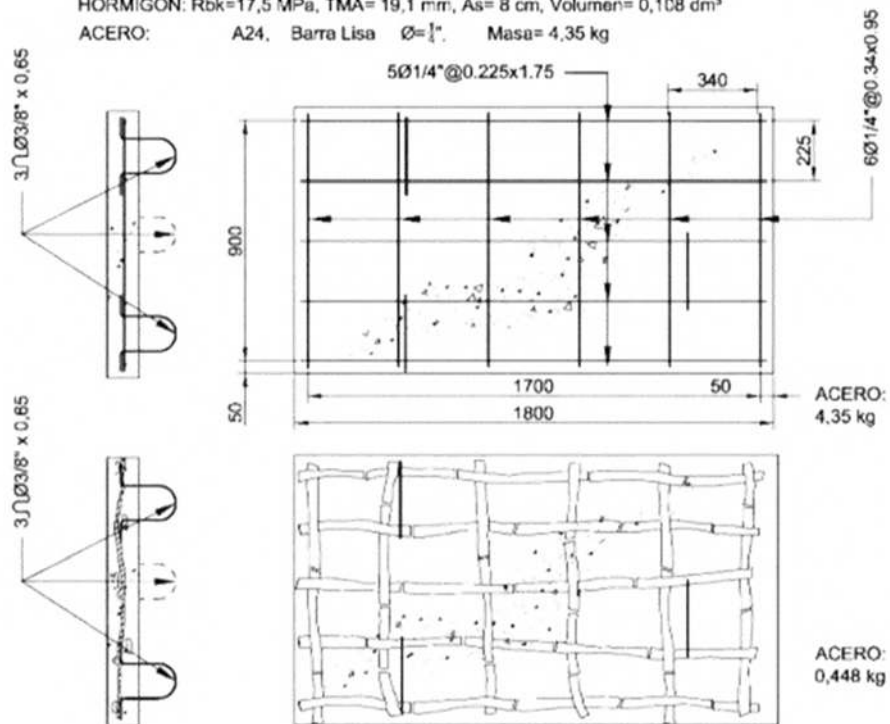
### **Bibliografía**

Colectivo de autores. *La gramínea maravillosa*. UTDG EC. México.  
HELMUT, S. GEYMAYER Y FRANK B. COX (1983). Concreto reforzado con bambú, en Rev. *IMCYC*, México, mayo, 1983.  
PAKOTIPRAKA, B. (1983). «Analysis of a Bamboo Fiber-Cement Paste Composite», en *Journal of Ferrocement*, Bangladesh, Thailand, 1983.  
WENYUE, HSIUNG (1987). «El bambú en China, nuevas perspectivas para un recurso antiguo», en Rev. *UNASYLVA FAO*, febrero, 1987.

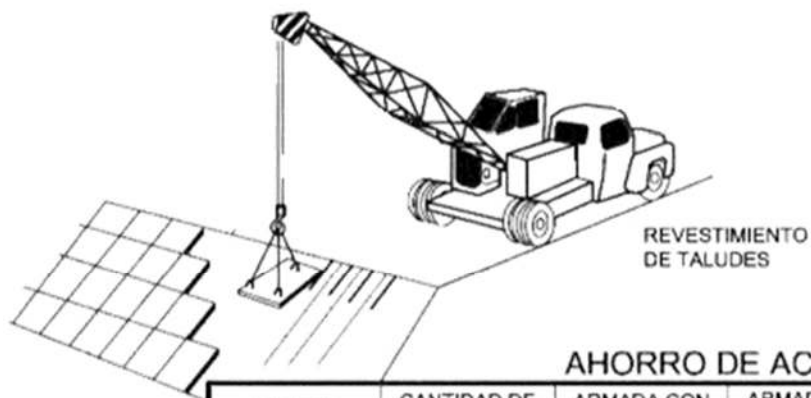
## Anexo

HORMIGÓN: Rbk=17,5 MPa, TMA= 19,1 mm, As= 8 cm, Volumen= 0,108 dm<sup>3</sup>

ACERO: A24, Barra Lisa Ø= 1", Masa= 4,35 kg



Armadura de la losa ET 84-02



OBJETO	CANTIDAD DE ELEMENTOS	ARMADA CON ACERO	ARMADA CON MAMBÚ	AHORRO
1 LAGUNA AFRICANA	1600 U	6,96 ton	0,72 ton	6,2 ton
1 km de CANAL SECC 3,9 m <sup>2</sup>	3000 U	13.05 ton	1,34 ton	11,7 ton

Utilización de la losa ET 84-02

## **Sustitución del refrigerante R-22 por el propano (R-290) en un aire acondicionado de ventana**

### **Replacement of refrigerant R-22 by propane (R-290) in a window air conditioner**

*Por Ing. Fernando José Rosillo Corrales\**  
*\* COPEXTEL, Manzanillo, Granma, Cuba*  
*e-mail: fernando@alumec.co.cu*

#### **Resumen**

Este artículo es resultado de una tesis de Maestría y expone la sustitución del refrigerante R-22 por el propano (R-290), en un aire acondicionado de ventana en condiciones climáticas tropicales, con el fin de proteger la capa de ozono y evitar el efecto invernadero o calentamiento global. Se exponen las propiedades de ambos refrigerantes, los pasos a seguir para efectuar la reconversión y los resultados obtenidos en dicha investigación. Este aporte contribuye al ahorro de energía eléctrica y tiene un impacto medio-ambiental favorable.

**Palabras clave:** Refrigerante R-22, propano R-290, efecto invernadero

#### **Abstract**

This paper is the result of a Master's thesis and exposes the replacement of refrigerant R-22 by propane (R-290), in a window air conditioner in tropical climate conditions, in order to protect the ozone layer and prevent the greenhouse effect and global warming. The properties of both refrigerants are exposed, the steps that have to be followed to carry out the conversion and the results obtained in the above mentioned research. This contribution contributes to the saving of electrical energy and has a favorable environmental impact.

**Keywords:** Refrigerant R-22, propane R-290, greenhouse effect

#### **Introducción**

Cuba es una isla larga y estrecha con características climáticas específicas. Su humedad relativa y temperatura son elevadas durante casi todo el año, lo cual implica la necesidad de utilizar equipos de climatización en muchos sectores de la sociedad: por ejemplo, son imprescindibles en instituciones de salud, la conservación de alimentos, centros de biotecnología y computación. También se usan por la industria textil, del papel, centros comerciales y el sector residencial, por solo citar algunos ejemplos de las bondades de la climatización.

Un gran número de dichos equipos utiliza como refrigerante el Freón 22, un hidrocarburo halogenado que contiene entre sus componentes cloro y flúor, los cuales contribuyen a la destrucción de la capa de ozono y al efecto invernadero. Es una de las sustancias reguladas por el protocolo de Montreal debido a su potencial de destrucción del ozono estratosférico, por lo cual se establece su eliminación total para el 2015 en países desarrollados, y 2030 para los demás. Es, además, regulado por el protocolo de Kyoto.

La mayoría de los especialistas a nivel mundial plantean la aplicación de la climatización con refrigerantes ecológicos que no afecten la capa de ozono y no provoquen efecto invernadero y, además, que proporcionen una mayor eficiencia energética, es decir, ahorren energía. Entre las sustancias que pueden utilizarse como refrigerantes ecológicos se encuentran el agua, aire, dióxido de carbono, amoníaco y diversos hidrocarburos, entre los que se encuentran el isobutano (R600<sup>a</sup>), butano (R600), propano (R-290) y sus mezclas. Los equipos de climatización que usan como refrigerante el Freón 22 (R-22) pueden ser reconvertidos con el R-290, ya que este es un refrigerante con bajo potencial de calentamiento global y tiene un potencial de destrucción de ozono nulo, además de tener características de trabajo muy similares al R-22.

En Asia, países como China, Indonesia, Singapur, Malasia, Tailandia, Filipinas, Japón, Taiwán, India y Sri Lanka están a la vanguardia de esta tecnología. En el continente africano, Sur África es el país con mayores resultados en la reconversión de R-22 a R-290. En nuestra región el país que más ha avanzado es Jamaica, donde se han reportado varias reconversiones en sistemas de acondicionamiento de aire. En Europa, Alemania, Gran Bretaña, y otros países, han desarrollado la tecnología de hidrocarburos en equipos de climatización. Todos estos países reportan ahorros energéticos entre 10 y 30%.

En Cuba uno de los programas priorizados se dirige a lograr la reducción del consumo energético; con este fin se han propuesto importantes innovaciones, adelantos y soluciones prácticas encaminadas a reducir dicho consumo, especialmente en los aires acondicionados que son grandes consumidores de energía, por lo que dicho gasto es posible reducirlo mediante otras alternativas. Para la conversión del R-22 a R-290 solo es necesario cambiar el refrigerante, y el lubricante en caso de que el fabricante del compresor lo especifique.

Por consiguiente, se ofrecen elementos sobre cómo evaluar el comportamiento energético del aire acondicionado de ventana sustituyendo el R-22 por el R-290, con un peso de refrigerante que constituya 50% de su peso inicial. Además, se proponen mediciones con el fin de determinar si es

posible ahorrar energía manteniendo las condiciones de confort logradas con el R-22. Para lograrlo, primero es importante determinar la temperatura mínima alcanzada con R-22, y luego con R-290, y posteriormente medir el consumo energético horario por el aire acondicionado de ventana con ambos productos.

Con el fin de dar a conocer que existen alternativas en el mundo de la refrigeración y climatización para proteger la capa de ozono, evitar el efecto invernadero y ahorrar considerablemente sin afectar las condiciones de confort, el trabajo serviría de utilidad a los interesados en los problemas medioambientales y energéticos en la rama de la refrigeración, pues constituye el punto de partida de las aplicaciones de los hidrocarburos en esta especialidad. Crincoli Rondón C. A.

[2006] indica que, en una investigación hecha en la Universidad de Gales del Sur, por E. Leonardo [1995], se enfatiza: «Los sistemas con refrigerantes hidrocarburos consumen menos energía que los sistemas con gases contaminantes».

Por consiguiente, el autor afirma que los refrigerantes son fluidos de transporte que conducen la energía calorífica desde el nivel «a baja temperatura» [evaporador] al de «a alta temperatura» [condensador], donde pueden ceder su calor. El refrigerante debe cumplir con ciertas propiedades que asegurarán un buen funcionamiento del sistema climatizador.

Entre dichas propiedades se encuentran las físicas (masa molecular, densidad, viscosidad, conductividad, calor específico, calor latente de vaporización, tensión superficial); las químicas (inflamabilidad, toxicidad y seguridad, compatibilidad con los lubricantes, compatibilidad con la carga, con los materiales, estabilidad); termodinámicas (relación presión-temperatura para el estado de saturación, volumen específico, entalpía y entropía para el estado de saturación y para el vapor recalentado, punto de congelación, punto de ebullición; propiedades críticas —presión, temperatura, densidad—, relación potencia caudal, coeficiente de eficacia) y las propiedades medioambientales que ponen de manifiesto la interacción del refrigerante con el medio ambiente.

Estas propiedades se expresan de la manera siguiente:

- Presentan rango de presiones de condensación relativamente bajas, para posibilitar consumos de energía que no sean excesivos.
- Presentan rango de presiones de evaporación por encima de la presión atmosférica, para evitar posibles infiltraciones de aire y vapor de agua.

- Tienen un alto calor latente de evaporación, con el fin de que el flujo másico necesario para manejar la carga de calor sea el menor posible.
- Presentan alta conductividad térmica y propiedades termo físicas que faciliten mejor transferencia de calor.
- Tienen baja viscosidad, para garantizar valores bajos de las pérdidas de presión por fricción.
- No reaccionan con los materiales de la instalación, para evitar corrosión o destrucción de las tuberías, componentes y compresores.
- No son tóxicos, para que en caso de escapes no afecten a las personas, ni a seres vivos en la zona afectada.
- No son inflamables, para evitar incendios y/o explosión en caso de fugas que se producen en presencia de oxígeno y fuentes de ignición.
- Presentan buena miscibilidad con el aceite, para garantizar los requerimientos tribológicos de los pares cinemáticos, y asegurar el retorno del aceite lubricante al compresor.
- Presentan estabilidad química para evitar la formación de sustancias dañinas al sistema, al reaccionar con otros materiales.
- Posibilitan la detección de fugas de manera rápida, para poder actuar de manera eficaz.
- Tienen bajo costo, y adecuada disponibilidad.
- Que el potencial de destrucción del ozono (ODP) sea nulo.
- Que el potencial de calentamiento global (GWP) sea bajo o nulo.

El R-22 contiene propiedades físicas, químicas y termodinámicas que son propias de ese refrigerante, y que difieren significativamente de la R-290 en el peso molecular, capacidad volumétrica, entalpía de vaporización, densidad del líquido y del vapor, en condiciones de evaporación y de condensación. Las mismas muestran o dan una idea de cómo puede funcionar un aire acondicionado con ambos refrigerantes, según se expresa en la tabla de propiedades termofísicas que se expone a continuación:

*Tabla 1. Propiedades termofísicas del R-22 y R-290*

<b>Nombre comercial</b>	<b>R-22</b>	<b>R-290</b>
Fórmula química	CHF <sub>2</sub> CL	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
Temperatura crítica, °C	96,1	96,7

Peso molecular, kg/kmol	86,5	44,1
Capacidad volumétrica, kJ/m <sup>3</sup>	1 244	1 164
Punto de ebullición normal, °C	-40,8	-42,1
Entalpía de vaporización, a 2 °C, kJ/kg	203,34	370,61
Condiciones de evaporación (cond. evap.)	t <sub>0</sub> = 2 °C p = 5,3 bar	t <sub>0</sub> = 2 °C p = 5 bar
Presión absoluta en bar, a 2 °C	5,3	5
Densidad del líquido en (cond. evap.), kg/m <sup>3</sup>	1 278,77	521,1
Densidad del vapor en (cond. evap.), kg/m <sup>3</sup>	22,72	10,98
Conductividad térmica del líquido en (cond. evap.), W/mK	0,099	0,1
Conductividad térmica del vapor en (cond. evap.), W/mK	0,0095	0,01
Viscosidad del líquido en (cond. evap.), kg/ms	2,3*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>
Viscosidad del vapor en (cond. evap.), kg/ms	12*10 <sup>-6</sup>	7,39*10 <sup>-6</sup>
Capacidad calorífica del líquido a presión cte. en (cond. evap.), kJ/kgK	1,17	2,46
Capacidad calorífica del vapor a presión cte. en (cond. evap.), kJ/kgK	0,73	1,8
Condiciones de condensación (cond. condens.)	t <sub>0</sub> = 44 °C p <sub>k</sub> = 16,8 bar	t <sub>0</sub> = 44 °C p <sub>k</sub> = 14,9 bar
Presión absoluta en bar a 44 °C	16,8	14,9
Densidad del líquido en (cond. condens.), kg/m <sup>3</sup>	1 113,58	463,17
Densidad del vapor en (cond. condens.), kg/m <sup>3</sup>	72,9	33,22
Conductividad térmica del líquido en (cond. condens.), W/mK	0,07	0,08

Conductividad térmica del vapor en (Cond. Condens.), W/mK	0,012	0,02
Viscosidad del líquido en (cond. condens.), kg/ms	18*10 <sup>-5</sup>	9,73*10 <sup>-5</sup>
Viscosidad del vapor en (cond. condens.), kg/ms	14,6*10 <sup>-6</sup>	9,36*10 <sup>-6</sup>
Capac. calorífica del líquido a presión cte., en (cond. condens.), kJ/kgK	1,35	2,88
Capac. calorífica del vapor a presión cte., en (cond. condens.), kJ/kgK	0,99	2,38
Toxicidad	Baja	Media
Inflamabilidad	Nula	Alta
Potencial de destrucción del ozono, ODP	0,55	0
Potencial de calentamiento global, GWP	1 810	20

Los refrigerantes hidrocarburos ofrecen ventajas y desventajas que pueden ayudar a decidir y a justificar, el por qué efectuar la reconversión de R-22 a R-290. Crincoli Rondón C. A. [2006] indica que, en una investigación realizada por Ho-Saeng, et al. [2005], se reconocen las ventajas que ofrecen los hidrocarburos (propano...), con respecto al R-22 en términos de refrigeración (coeficiente de transferencia de calor, consumo de energía, carga de refrigerante, entre otras).

Entre estas ventajas se reconocen:

- Son naturales.
- No agotan la capa de ozono.
- No influyen en el calentamiento global.
- Son más económicos.
- Se aplican en menor cantidad (en peso) en los sistemas.
- Son compatibles con todos los lubricantes comerciales.
- No requieren retrofit en los sistemas.
- Solo se requiere realizar drop-in para su aplicación.
- No son explosivos.
- Disminuyen las presiones en los sistemas.
- Mejoran las temperaturas de trabajo en los sistemas.
- Disminuyen el consumo energético en los sistemas.



- Disminuyen el costo de mantenimiento de los sistemas.
- Aumentan la vida útil de los sistemas.
- Contienen aditivo antifricción.
- Tienen alta estabilidad térmica y química.

Las desventajas que presentan los hidrocarburos son las siguientes:

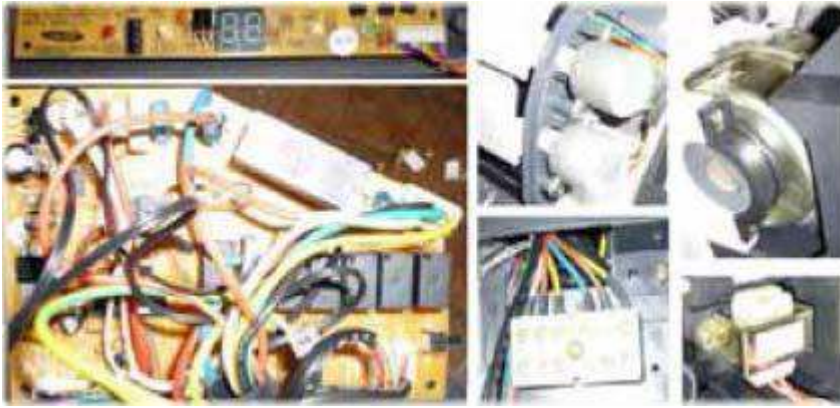
- Son inflamables.
- Requieren personal capacitado.
- En sistemas de alta capacidad se requieren mecanismos de control y protección especializados.

En la compilación digital de la revista *Proklima Guidelines* se ofrecen elementos teóricos esenciales sobre la metodología a seguir para realizar un proceso de reconversión de R-22 a R-290, en un aire acondicionado de ventana, establecida por los doctores Dr. Daniel Colbourne y colaboradores, en la que expresa:

- Obtener el tamaño de la carga de refrigerante R-22 (440 g) según la ficha técnica del equipo.
- Estimación de la carga equivalente de refrigerante R-290.  
R-290 = 50% de R-22 (220 g).
- Identificar que el condensador del aire acondicionado esté ubicado en un lugar bien ventilado.
- Convertir las uniones roscadas, si las hubiera, a uniones soldadas.



- Eliminar toda fuente de ignición.



- Control de fugas final.



Con la aplicación del experimento o mediciones realizadas por el autor en el proceso de reconversión del R-22 por el R-290, según la metodología propuesta anteriormente, se logró disminuir el consumo energético del aire acondicionado, entre 7 y 10% con relación al R-22. Además, la temperatura mínima alcanzada en el local con R-22 fue de 17 °C y con R-290 osciló entre 18 y 19 °C, lo cual muestra que se puede ahorrar energía sin alterar significativamente las condiciones de confort. Estos resultados se expresan de la manera siguiente:

*Tabla 2. Resultados del proceso de reconversión*

Parámetros a evaluar	R-22	R-290
Consumo eléctrico horario, kW/h	1	0,9-0,93
Temperatura mínima del local, °C	17	18-19

La novedad científica de este artículo se refleja en la aplicación práctica de la experiencia dirigida a la sustitución del refrigerante R-22 por el propano R-290. Este refrigerante ecológico permitió un ahorro energético

considerable para las condiciones climatológicas del país. La propuesta de conversión se puede realizar sin alterar ningún componente del sistema de refrigeración, además de ser una vía rápida y segura de extinguir el cloro y el flúor que son sustancias que agotan la capa de ozono y provocan efecto invernadero, respectivamente. Además, en Cuba existen muy pocas experiencias en la aplicación de refrigerantes hidrocarburos en los sistemas de acondicionamiento de aire. En la provincia de Granma esta es la primera experiencia, habiéndose obtenido buenos resultados en el proceso de reconversión.

## **Bibliografía**

- COLBOURNE, D. (2010). *Proklima Guidelines*. Guía para el uso seguro de los refrigerantes hidrocarburos. 2010.
- HO-SAENG LEE, JUNG. IN YOON, JAE-DOL KIM Y P. K. BANSAL (2005). «Characteristics of condensing and evaporating heat trns ising hydrocarbon refrigerants». *Appied Thermal Engineering* 26, 2006, 1054-1062.
- MACLAINE-CROSS, E. LEONARDO (1995). Why hydrocarbons save energy. The University of New South Wales, 1995. p. 4.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España  
[http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_379.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_379.htm).
- Refrigerante Report 16*. Suplemento (septiembre, 2010) VS. Edición 15.  
Bitzer@de//www. Bitzer. de Eschenbrunnlestrabe 15 // 71065  
Sindelfingen//Germany.
- SOFTWARE REFUTIL (1996). Herramientas de refrigeración. Propiedades del refrigerante R-22. Departamento de Ingeniería DTU. Proyecto Internacional. Canadá.
- United Nations Environment Programme (2000). The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer.
- ZALDÍVAR, R. A., R. QUINTERO, et al. (2007). Reconversión de sistemas de refrigeración con CFC. Oficina Técnica de ozono. Proyecto Plan Nacional de Eliminación de CFC en Cuba. La Habana: Ed. Academia, 2007.

## **Una aproximación a las relaciones entre el cuerpo humano y la energía**

### **An approach to the relationships between the human body and energy**

*Por Dra. María M. Febles Elejalde\**

*\* Centro de Estudios del Medio Ambiente,  
Universidad de La Habana, Cuba.  
e-mail: mariaf@rect.uh.cu*

#### **Resumen**

Estamos habituados a ver el cuerpo humano solamente como una realidad material y concreta; ello se explica por la gran cantidad de información y de conocimiento práctico que se tiene del cuerpo, fundamentalmente de su anatomía y fisiología, en menor medida de su psicofisiología y bioquímica, y casi nada de su bioenergía y espiritualidad. Es conocido que el cuerpo tiene un carácter histórico y social, una construcción simbólica y en él se reciben, elaboran, transforman y expresan las influencias externas, incluida la energética, dejando su huella imperceptible por momentos, pero observable con el transcurrir del tiempo. La energía se expresa de diversas formas en el mundo natural y diferentes son las maneras con que interactúa con el cuerpo humano. El hecho de que no contemos hoy con los datos objetivos necesarios para el esclarecimiento de la realidad energética humana, no debe obstruir la búsqueda de explicaciones en nuestra ciencia y en otras disciplinas que observen este mismo fenómeno desde diversos ángulos, en este caso el energético con relación al cuerpo humano, y en este trabajo nuestro objeto de estudio. La dimensión energética que propongo considerar en la concepción del cuerpo se fundamenta precisamente en el intento de superar la brecha antes mencionada, aunque no lo logremos, ni lo superemos totalmente por el momento.

**Palabras clave:** Cuerpo, energía, dimensiones

#### **Abstract**

We are used to seeing the human body only as a material and concrete reality. This is explained by the large amount of information and practical knowledge that exist about the human body, mainly its anatomy and physiology, to a lesser extent its psychophysiology and biochemistry, and almost none of its bioenergy and spirituality. It is known that the body has a historical and social character, a symbolic construction, and in it external influences are received, elaborated, transformed and expressed, including the energy one, leaving their unnoticeable trace at times, but perceptible with the passing of time. Energy is expressed in different ways in the natural

world and in different ways it interacts with the human body. The fact that today we do not have the necessary objective data for the clarification of the human energy reality, should not obstruct the search for scientific explanations and in other disciplines that observe this same phenomenon from different angles, in this case energy and its relationship to the human body, which is our objective in the current study. The energy dimension that I propose to consider in the conception of the body is based precisely on the attempt to overcome the aforementioned gap, even if we do not achieve it, nor fully overcome it for the moment.

**Keywords:** Body, energy, dimensions

## **Introducción**

Se ha asegurado, que la explicación de los fenómenos psicológicos trasciende los límites del conocimiento de la ciencia propiamente psicológica, y por ello se ha acudido a la fisiología, la historia, la cultura y la sociedad, buscando fuentes de explicación de los fenómenos asociados tanto a su desarrollo, como a su deterioro.

Y es que esta ciencia no escapa a la necesidad del enfoque interdisciplinario que pretende explicar un problema que posee diferentes aristas, y por tanto, recaba la necesidad del intercambio y del trabajo científico conjunto de diversas disciplinas. Así sucede en las ciencias que persiguen el logro del bienestar, la salud física y psicológica, es decir, del desarrollo humano. En las ciencias ambientales ocurre otro tanto, es imposible la solución de sus problemas sin el concurso tanto de las ciencias naturales, como sociales.

¿A qué desarrollo humano nos referimos? ¿Al físico? ¿Al biológico? ¿Al psicológico? ¿Al ético? ¿Al espiritual? ¿Al integral? Con un enfoque holístico, no cabe duda de que nos referimos a su desarrollo integral, que incluye todos los aspectos a la vez. El hombre es un hecho que necesita explicación, por ello no son desestimables ninguno de los intentos procedentes de cualquiera de las ciencias que se acercan al problema humano. Al cuerpo humano nos podemos acercar desde diferentes ángulos en que se asume su presencia física, fisiológica, psicológica y energética. Se ha considerado que el enfoque científico-naturalista del cuerpo humano que aportan los hindúes, chinos y japoneses explota las potencialidades energéticas del cuerpo humano, y ha permitido a lo largo del tiempo alcanzar éxitos prácticos en favor de su desarrollo, restauración y curación, poniéndose hoy al servicio de la salud humana internacionalmente.

## Contenido

Dentro de la Psicología se han observado diferentes concepciones que prestan gran atención al cuerpo en la formación del individuo, del ser humano y de su desarrollo psíquico. Todo ello nos ha aproximado a la consideración en el hombre de un cuerpo viviente, de una estructura dinámica, pensante, con el que se quiere significar la presencia de otros niveles, o diría yo, de propiedades o formas de existencia del cuerpo que se entrecruzan, coexisten y se expresan con mayor o menor intensidad según sea la acción en cuestión. Este análisis nos da la posibilidad de aproximarnos desde la teoría histórico-cultural a una concepción que puede ser continuadora (y enriquecida) de las posiciones anteriormente enunciadas sobre el cuerpo humano, y que de forma integrada contenga lo esencial para su posterior teorización.

Estamos acostumbrados a ver el cuerpo solamente como una realidad material y concreta; ello se justifica por la gran cantidad de información y de conocimiento práctico que del cuerpo se tiene, fundamentalmente de su anatomía y fisiología, en menor medida de su psicofisiología y bioquímica, y casi nada de su bioenergía y espiritualidad. Es así, que podemos afirmar, como decía Vygotski parafraseando a Spinoza: «Nadie sabe aún de lo que es capaz el cuerpo o lo que se puede sacar de su naturaleza propia» [Vigotsky, 1987]. Y es que aún desconocemos mucho las realidades que se relacionan con el cuerpo humano y sus propiedades. El cuerpo humano somos nosotros mismos, apenas nos percatamos de sus cambios, sin embargo, está en continuo movimiento, en ininterrumpido cambio estimulado por sus interrelaciones con el medio que lo rodea.

Coincido en que nos parecemos mucho más a un río que a cualquier otra cosa [Chopra, 1994] por su carácter cambiante, dinámico e imperceptible, pero también por las fuerzas que con él interactúan y aceleran dichos cambios. Si fuésemos a aproximarnos a una definición del cuerpo, diríamos que es un sistema viviente, que vive en el espacio y el tiempo, que cumple diferentes funciones, se interrelaciona con el medio exterior y, en el caso del cuerpo humano, se transforma por la historia y la cultura construida por los propios hombres. Sin cambios aparentes, nuestro cuerpo está sometido a constantes interacciones (respiración, digestión, funciones psíquicas) y transformaciones (cambios microscópicos, cuánticos, bioquímicos, electromagnéticos, invisibles en el momento presente) imposibles de detener para su estudio, mucho menos de forma aislada.

El cuerpo como un todo (al igual que nuestra psique) tiene un carácter histórico y social, es un producto sociohistórico, una construcción simbólica, y en él se reciben, elaboran, transforman y expresan las influencias externas, dejando su huella imperceptible por momentos, pero observable,

con el transcurrir del tiempo. De esta forma, el cuerpo puede ser considerado como un mediador de una de sus funciones: por ejemplo, las psíquicas superiores, al ser un portador de significados asimilados por el hombre a través de la relativa plasticidad y flexibilidad de su estructura y otras funciones, las que interpretan, simbolizan y traducen las influencias sociohistóricas, relaciones interpersonales, familiares, etc., reestructurando su realidad interna.

El trabajo de F. Engels sobre «El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre», en el que explica históricamente la aparición de la conciencia, a la par de la transformación de la mano, la postura y el cerebro, es muy elocuente en este sentido. Por si fuera poco, la obra de Leontiev sobre el desarrollo de la psique animal y humana constituye la más clara evidencia de cómo en el desarrollo filo y ontogenético, tanto los cambios morfológicos como funcionales estuvieron en estrecha relación con las condiciones de vida y actividad de los organismos [Leontiev, 1989]. Por todo ello, la definición y fundamentación del cuerpo humano no debe reducirse solo a explicaciones de lo visible, fisiológicas o genéticas, sino que lo histórico, lo cultural, lo psicológico, lo espiritual y lo energético, que han intervenido en todo este proceso, también merecen su momento explicativo corporal, aunque no sean directamente observables. Por supuesto, esto no es una tarea fácil, más bien extremadamente difícil, que hay que continuar.

La abstracción o ignorancia de estos aspectos, desde nuestro punto de vista ha bloqueado y bloquea el avance científico en esta dirección, y ha dejado lagunas que muchas veces son «llenadas» por el misticismo. En su tiempo W. Reich fue condenado por este tipo de ideas, sin que la historia posterior hubiera justificado suficientemente sus hallazgos. Por otro lado, también la ciencia ha llegado a fragmentar tanto el cuerpo en sistemas, órganos, células y elementos que lo componen, que se ha suplantado la imagen del cuerpo como totalidad, y la de su funcionamiento, por los descubrimientos microscópicos de la ciencia más adelantada (biotecnología genética, microbiología, etc.). Con ello, no desestimo el valor y alcance de esos trabajos científicos, sino que pretendo alertar sobre el peligro que se corre al dirigirse solo en ese sentido las investigaciones (desde lo visible a lo invisible). Es necesario continuar con el estudio y revelación de las totalidades, unidades complejas (procesos íntegros, decía Vigotsky), de las causas y organizadores del funcionamiento total del cuerpo, del organismo, del hombre en su totalidad; de las premisas y condiciones de su desarrollo, entre las que no debemos dejar de contar los factores sociales, culturales, energéticos y espirituales, así como el carácter continuo de sus transformaciones e interacciones. Es por ello que coincidimos con la idea de que «este saber sobre el cuerpo forma parte de una búsqueda, claro

está, de una búsqueda que, más allá del cuerpo, interroga al conjunto de los fenómenos del mundo» [Aulagnier, 1994], fenómenos que están en continuo movimiento como ha sido confirmado por F. Engels en *Dialéctica de la naturaleza*: «...desde las protistas hasta el hombre (la naturaleza) se halla en un estado perenne de nacimiento y muerte, en flujo constante, sujeto a incesantes cambios y movimientos» [Engels, 1971].

Esta dialéctica plantea al investigador constantes situaciones problemáticas que exigen de su solución. Lo anterior coloca al psicólogo en un campo de estudio interdisciplinario, para el que necesitamos del conocimiento de las otras ciencias afines a este tema de investigación, y que hace imprescindible la colaboración. El hecho de que no contemos hoy con los datos objetivos necesarios para el esclarecimiento de una realidad, no debe obstruir la búsqueda de explicaciones en nuestra ciencia y en otras disciplinas que observen dicho fenómeno desde otros ángulos.

El estudio de los fenómenos en su complejidad («procesos íntegros»), fue una tesis defendida por Vigotsky al plantear la búsqueda de unidades integrales de análisis para explicar el todo [Vigotsky, 1987]. Para nosotros, el cuerpo se presenta en este caso como una de esas unidades que explican el desarrollo y comportamiento humanos, y al cual tendríamos que acudir cuando no se halla la explicación científica a un problema psicológico o fisiológico aisladamente, o relacionado con él. El cuerpo como sistema viviente es un flujo incesante de materia y energía [Capra, 1998] y es un mediador en la formación de las funciones, ya que en él se entrecruza un sistema de realidades (fisiológicas, psicológicas, energéticas y otras) que a la larga tiene su expresión en la conducta.

Esto ha sido observado también en la Medicina y en la Educación, ciencias en las que la unidireccionalidad de las acciones investigativas no ha sido suficiente para la demostración de la efectividad de lo deseado (curación o aprendizaje). «La medicina moderna, como se sabe, se ha desarrollado a partir de una ruptura entre el cuerpo y el espíritu, principio que le ha permitido avanzar considerablemente en numerosos ámbitos...Pero esa ruptura parece ser la responsable del aumento de las enfermedades psicosomáticas, como si la naturaleza se tomara la revancha en ese terreno» [Kawai, 1998]. Es decir, que mientras no se le preste la necesaria atención a los nexos bidireccionales cuerpo-mente en la investigación científica, continuaremos aplazando injustificadamente la solución a un gran grupo de problemas de la salud humana.

Todo lo anterior nos indica la necesidad de un enfoque holístico que considere al hombre en sus diferentes dimensiones, hasta llegar a la espiritualidad. No es casual la vuelta que se observa en la actualidad a las filosofías orientales y medicinas tradicionales, aunque claro está, en un nuevo nivel de desarrollo (Ley de la negación de la negación), filosofías



todas tendientes a una concepción del hombre integrado al mundo, la naturaleza y el universo todo, en el sentido estrecho y amplio de la palabra. El enfoque holístico es un enfoque global del individuo como un ser pluridimensional (físico, mental, social, espiritual), en estrecha interdependencia con su entorno «natural», en su más amplia acepción [Brelet-Rueff, 1998]. Holos, que significa en griego total y sagrado, puede aplicarse también al cuerpo humano, que es en este caso nuestro objeto de estudio.

La dimensión energética que propongo considerar en el trabajo corporal, se fundamenta precisamente en el intento de superar la ruptura antes mencionada, aunque no lo logremos, ni lo superemos totalmente por el momento. En el cuerpo, las funciones fisiológicas y psicológicas se interrelacionan dialécticamente, y con los cambios energéticos del trabajo corporal estas alcanzan su equilibrio y armonía.

Para nadie es un secreto los niveles y dinámicas de funcionamiento fisiológico y psicológico del cuerpo, es decir, la interrelación demostrada que existe. No ocurre lo mismo con el energético. Es por ello que consideraremos lo energético como una propiedad del cuerpo humano, como lo es de cualquier cuerpo físico, una dimensión física en la que habita el cuerpo y es tenida en cuenta en nuestra concepción. He de aclarar que lo histórico-social como parte de la naturaleza humana está implícito en el funcionamiento del cuerpo no como una dimensión, sino como una esencia presente allí donde haya desarrollo humano. Las tres propiedades o dimensiones corporales (fisiológica, psicológica y energética), se expresan en cada acto humano, pudiendo ponerse de manifiesto en un caso más que en las otras, aunque las tres están presentes en todos.

De ahí su interdependencia e influencias mutuas. La característica energética del cuerpo humano, aunque no visible, se manifiesta de muchas formas: en la fuerza o intensidad con que se realizan los diferentes procesos, ya sean fisiológicos (metabolismo, respiración, circulación, etc.), como psicológicos (actividad intelectual: pensamiento, percepciones, representaciones, emociones, etc.); en la manifestación del aura o bioenergía del cuerpo (también llamada «biocampo» por los geofísicos), y en el reconocimiento de los meridianos energéticos chinos (nadis hindúes), que fundamentan la práctica de la acupuntura, las artes marciales y otras prácticas orientales. También vale aquí recalcar la interrelación de esta característica energética corporal humana con el medio ambiente circundante, lo que abarca los intercambios energéticos del cuerpo con lo físico (energía cósmica y otras radiaciones) [Lufriú, 1998], y con lo social, espiritual y lo psicológico ambiental también.

Muchos de los problemas que hoy unen a especialistas de las ciencias humanas, se relacionan con los descubrimientos de la energía y sus formas, en particular, aquellos que pueden abundar en la explicación del desarrollo, desviación y (o) curación humana, todo ello en beneficio de la salud física y mental. La psicoenergética ha llegado a ser una rama que se sustenta en la Biología y la Física, lo que nos obliga a profundizar en estas ciencias naturales aplicadas al estudio del hombre. «Numerosos datos experimentales nos convencen de que en los sistemas biológicos, y en particular durante la actividad psicológica, tienen lugar procesos de inversión de los campos, de la energía y de las formas y tipos de la materia, desconocidos en los sistemas inanimados» [Duvrov y Pushkin, 1980]. Es decir, que al igual que como hasta ahora hemos estudiado las bases fisiológicas de los procesos y estados psicológicos, se hace válido, una vez conocidos los nuevos descubrimientos de la Física, profundizar en las leyes y categorías de la Física que también fundamentan fenómenos de la ciencia psicológica.

En la actividad psicológica en particular, se revela una caprichosa mezcla de diversas formas de manifestación de la materia en espacio-tiempo, que son estudiadas en la física clásica, cuántica y relativista. Principios dialécticos como el de la inagotabilidad del conocimiento, la diversidad de la materia y de las formas de su movimiento, sobre el reconocimiento de la realidad objetiva del espacio y el tiempo, dan luz sobre diversos fenómenos psíquicos que hasta ahora resultaban imposibles de explicar, o eran competencia solo de la Parapsicología.

Los seres vivos con sus cuerpos son constantes transformadores de energía de diferentes maneras: una de ellas es la capacidad que tienen para generar calor, que no es más que la expulsión de la energía que «sobra»; la energía química contenida en los enlaces moleculares de los alimentos se transforma en energía mecánica; asimismo, nuestros órganos (corazón, intestinos, aparato respiratorio), como nuestro sistema nervioso, requieren de energía para su transformación, aun cuando sus células no sean móviles. También en nuestro organismo las mitocondrias son responsables de la transformación de energía, pues su función es la respiración de las células.

De investigaciones realizadas en acupuntura, específicamente en electro y lasserpuntura, se ha deducido que hay un espacio sobre la superficie la piel que está lleno de cargas y de líneas de fuerza de los campos, que se mueven por numerosos meridianos, formando una red por toda la piel.

Estos influjos de los campos biológicos del organismo, son indispensables para atraer hacia sí las partículas cargadas necesarias, existiendo una relación dinámica con el medio. Los investigadores soviéticos S. D. Kirlian

y V. J. Kirlian demostraron que cualquier objeto, (también en el caso humano) situado en corriente de alta frecuencia, comienza a irradiar luz visible que puede ser fijada en una película fotográfica [Pushkin y Dubrov, 1980].

Además, el investigador soviético P. J. Guliaev logró fijar objetivamente la presencia de esta capa aural, con ayuda de un sistema de captadores inventado por él mismo [Brennan, s/a]. Según algunos adelantos de la Física Cuántica, podemos concebir la dimensión energética del ser humano, al afirmarse que nuestros cuerpos parecen estar compuestos de materia sólida que se puede descomponer en moléculas y átomos, aunque en realidad cada átomo es en más de 99,999%, espacio vacío. Este vacío está lleno de información, aun cuando no se exprese, lo cual es el principio de toda manifestación «visible» [Chopra, 1994].

Este proceso es mucho más consciente, cuando el practicante de cualquiera de las disciplinas corporales se conoce y vive como un campo de energías, cuya existencia ya habíamos referido. Igualmente ha sido demostrada la interrelación de los procesos psíquicos y energéticos, no solo por la fotografía Kirlian, método por el que se constató el cambio de luminiscencia de la piel, la que disminuye considerablemente cuando surge una tensión psicológica en el hombre [Pushkin y Dubrov, 1980]. Desde hace muchos años, en 1911, el doctor William Kilner dio cuenta de sus estudios sobre el campo energético humano, contemplándolo a través de pantallas y filtros coloreados. Describió una neblina brillante dispuesta en tres zonas alrededor del cuerpo (aura), y comprobó que esta difería considerablemente de un sujeto a otro en cuanto a la edad, el sexo, la capacidad mental y el estado de salud. Determinadas enfermedades producían manchas o irregularidades en el aura, y de esta forma Kilner pudo diagnosticar algunas enfermedades como las infecciones hepáticas, las epilepsias y alteraciones psicológicas como la histeria, etcétera.

Una de las manifestaciones más evidentes de la energía corporal se constata a través de la respiración. Ella en sí misma es una función energética, no enteramente fisiológica. La inhalación por las fosas nasales normaliza la temperatura del aire del exterior; las vellosidades de los conductos nasales detienen sus impurezas que luego son expulsadas durante la exhalación. El aire inhalado continúa por la cavidad faríngea, la laringe, traquea, bronquios derecho e izquierdo, se distribuye por los bronquiolos y de estos pasan a los alvéolos pulmonares (células de aire que se cuentan por millares en los pulmones). Aquí es donde se produce la vitalización y purificación de la sangre.

Es importante destacar la «labor» del diafragma (músculo que se localiza entre el tórax y el abdomen), cuya contracción-dilatación permite la

expansión de los pulmones y la absorción-expulsión del aire. Por ello en muchas técnicas danzarias se enfatiza en la contracción-relajación del diafragma, que no solo contribuye a una mayor dinámica del movimiento, sino que es una estrategia para un menor cansancio y recuperación de energía.

Pero no siempre la sangre puede purificarse, pues no siempre se ha efectuado una buena respiración, por lo que aquella prosigue su camino incumpliendo con su función. Esta deficiencia de oxígeno, unida a sustancias perturbadoras que no se han eliminado, ocasiona malestar y debilitamiento orgánico, y por ende, el sistema nervioso (que se nutre también de la energía de la sangre) y el cerebro no pueden funcionar adecuadamente y comienza a manifestarse debilidad o irritabilidad en los nervios, lo que afecta al individuo no solo en su funcionamiento anatómico, sino en su desarrollo personalógico y en su relación con sus semejantes, pues se generan emociones negativas y pensamientos o ideas perturbadoras [Martínez, 1992].

Por lo que respirar, además de ser un indicador eficiente de salud física, mental y espiritual, permitiendo la relajación, contribuye al desarrollo de la armonización de la energía corporal.

Cuando ciertas posturas y habilidades corporales son sistematizadas y presentan un alto grado de automatización, se convierten en hábitos, y es donde el cerebelo se encarga de mantener dichas posiciones de forma inconsciente, por encontrarse este en la zona subcortical; es decir, la información no ha llegado a la corteza y por ende no es consciente; pero aún así ejerce su influencia sobre el comportamiento, como ocurre en los estados que acompañan a la hipnosis.

Es así que la cadena o mecanismo se vuelve a desatar, a semejanza de un complejo programa automatizado. Los hábitos son los que le permiten al hombre perfeccionar determinadas habilidades corporales, al ser acciones altamente sistematizadas.

En la aplicación de técnicas corporales se debe ser muy consciente de que el ser humano es un campo de energías. Es un hecho reconocido que existe una interacción entre la energía de nuestro cuerpo y la del ambiente que nos rodea, incluida la energía solar [Gimbel, Northop, Saxton, De Vita, Radvanovsky y otros, en Lufriu, 1999]. «En la propia organización corporal de los individuos (contémplese posición de los pulmones, circulación de la sangre por venas y arterias, etc.) está implícita la necesidad de establecer un contacto activo con el mundo exterior, para subsistir deben actuar, se deben producir los medios que necesitan para la vida» [Leontiev, 1983]. Es un hecho que nuestro propio cuerpo es un sistema energético que necesita

este intercambio para realizar el proceso de la vida y del crecimiento. Este intercambio e interrelación consume, repara y potencia la energía corporal. La energía del cuerpo no solo proviene de los alimentos, de las radiaciones electromagnéticas del Sol, del oxígeno de la respiración y del Cosmos en general, sino además del trabajo de nuestro cuerpo con otros cuerpos, con otras subjetividades.

Una medida de las dimensiones energético-psicológicas del cuerpo humano son las correspondencias halladas entre la energía eléctrica medida en ondas eléctricas cerebrales, y los estados de conciencia. En 1920 el científico alemán Hans Beyer descubrió ondas eléctricas cerebrales y su relación con los diversos estados de conciencia [García, 1995]. Es decir, que los impulsos y estados nerviosos pueden ser correlacionados y medidos en microvoltios por medio de un electroencefalógrafo. Existen 4 clases principales de ondas cerebrales, medidas según la frecuencia y amplitud que aparecen con determinados estados psicológicos. Estas son: Ondas Beta, que se producen cuando hay una atención concentrada a objetos externos y un pensamiento activo de la mente dirigido al mundo exterior (26-13 ciclos por seg.). Es el tipo de onda más común.

Ondas Alfa, que se producen en estados de conciencia relajada dirigida hacia la interioridad.

Se caracteriza por la atención interna (12-8 ciclos por seg.). Es un tipo de onda más reposada.

Ondas Zeta, que aparecen en estados de somnolencia o letargo. Se producen en el tránsito hacia el sueño o la inconciencia (7-4 ciclos por seg.).

Ondas Delta, que se dan en estados de sueño profundo (4-0 ciclos por seg.).

En nuestras investigaciones hemos destacado el carácter activo del sujeto como una cualidad de la subjetividad humana que, con el desarrollo psicológico, se transforma alcanzando su expresión más plena en la adultez, en la etapa de la más completa autodeterminación, y por tanto, del mayor dominio de los recursos energéticos; sin embargo, determinadas representaciones de fenómenos sociales, personas o cosas que son producto de los procesos de cognición y afectividad, también pueden generar cambios en los estados energéticos. Las emociones humanas suelen ser vehículos portadores de intensas energías.

El calor provocado por el Sol, por nuestros alimentos, sentimientos o pensamientos, pueden producir cambios químicos en los tejidos del cuerpo

y desencadenar efectos hormonales que influyen en el crecimiento y en determinadas funciones, como las motrices o de movimiento.

El cuerpo humano también puede ser generador de luz; al estar sometido a corrientes electromagnéticas y poder emitir fotones, es susceptible a los procesos cuánticos. Es decir, que el cuerpo con su movimiento también genera y tiene sus propias potencialidades energéticas (ello, sin abordar la hipótesis de la existencia de los chacras, impulsada por la ciencia hindú). Estas a su vez contribuyen o afectan al resto de las funciones del organismo. [Gimbel, 1994; Vignier, 1994; Arzuaga, 1998, y Petrov, 1981]. El hombre también, como organismo heterótrofo que necesita de materiales orgánicos externos, requiere de diversos macro y micronutrientes; y como ser social necesita de la comunicación y del amor, es decir, que de continuo en el cuerpo humano se dan cambios químicos y procesos físicos y subjetivos que implican intercambios de diferentes formas de la materia y energía, como afirmara Einstein, solo que en este caso ocurren dentro del mismo cuerpo.

Todos estos fenómenos son objeto de estudio de la Termodinámica, de la Física Cuántica y otras ramas de la Física, y creemos que su aplicación se hace no solo posible, sino también necesaria al cuerpo humano [Morrós, s/a; Freud, 1924 en Wolman, 1967; Pushkin y Duvrov, 1980; Betto, y Agueda-Leo, 2000]. Para muchos científicos progresistas esto no es más que el resultado lógico del desarrollo de las ideas científicas, que por primera vez se vuelcan hacia el hombre mismo, una vez que se ha tomado conciencia de que se ha sido capaz de conocer el cosmos y la profundidad de los mares, pero no lo más íntimo del ser humano. Para otros, es una ruptura inaceptable de paradigmas.

Una parte de esta energía se distribuye como un campo de energía único que existe alrededor de todos los seres vivos, entre ellos, los seres humanos. Algunos autores se refieren a ella como una emanación de sutil «energía de salida» que rodea el cuerpo no visible, y que conforma una zona de transición entre el cuerpo físico y el mundo exterior. A esta zona se le ha dado el nombre de «aura», y tiene como función más importante la conservación de nuestra energía vital: el reflejo de nuestro estado de salud y el intercambio energético con otras formas de energía del mundo. Se dice que el aura, o bioenergía, como también es llamado, es pulsado constantemente con movimientos libres de energía por los estados corporales (fisiológicos y psicológicos), devolviendo su equilibrio y revitalizándola; de esta forma nos mantiene sanos.

Todo este fundamento tiene una aplicación cuando se enfatiza a los practicantes los movimientos de contracciones-relajaciones, de caída-

recuperación, combinando los ritmos respiratorios [Márquez, 1988] con el objetivo de movilizar y utilizar la energía corporal.

Cuando hay desequilibrio de energía (bloqueos), el cuerpo puede contraer enfermedades. Estas formas de energía han sido denominadas de diferentes formas: el chi de la China, el ki del Japón, la kundalini y el prana de la India, y el mana de Polinesia en la antigüedad. Más recientemente, algunos científicos occidentales se han referido al magnetismo animal (Franz Mesmer), al od (Karl von Reichenbachs), al orgón (Wilhem Reich), al bioplasma [Victor Iniushin, en Asis, 1996], o al biocampo [Lufriu, 1999], queriendo significar con ello «el halo de energía que posee todo ser vivo a su alrededor, entiéndase como una manifestación energética de la materia orgánica, posible de visualizar mediante una foto Kirlian...». Recientemente, geofísicos cubanos han fundamentado la idea de su existencia física, explicando la propiedad de biorrecepción, lo que le permitió considerar al cuerpo humano como un sensor biológico con amplias posibilidades de aplicación ante tareas geológicas, arqueológicas y geofísicas [Lufriu, 1999; Sachivarov, 1974; Dieter, 1995, en Pushkin y Dubrov, 1980].

En la Psiquiatría son conocidos los métodos de electroshock y las técnicas del electrosueño, utilizadas con fines terapéuticos y en investigaciones psicológicas con diversos fines.

En los últimos años se observa un marcado interés en el estudio de los sueños, como un estado particular de la conciencia. Ello se ha hecho posible a partir de la detección de que, a intervalos de 90 minutos, aparece una fase de movimientos oculares rápidos (REM), que coinciden con ondas cerebrales encefalográficas similares a las que se observan en estado de vigilia, y si se despierta a la persona es capaz de recordar los sueños. De esta forma, se comprueba que el sueño es un estado activo y no pasivo de la conciencia, como antes se consideraba.

También en los últimos años se ha extendido la práctica del budismo Zen y el Yoga en busca de estados «más elevados» de conciencia a través de entrenamientos autodirigidos, basados en la relajación física y la atención dirigida como la meditación. Prácticas como la meditación, según nuestro criterio, contribuyen al autocontrol y al control de las relaciones con el entorno, ya que al sumergirse en sí mismo, el hombre se encuentra con su yo interior, descubriendo otro que le devuelve su verdadera identidad, brotando de esa fuente subjetiva la energía que debería mover la humanidad: Esa energía es el amor. Energía que ha sido insuficientemente provocada y desarrollada.

De esta forma encontramos desde lo más íntimo el camino de la curación que, si no nos lleva a las estrellas, por lo menos nos facilita una vida más

sana y armónica. En ello el manejo de la energía corporal es fundamental, y para su dominio trabajamos.

## **Bibliografía**

- ANANDAMITRA, A. A. (1992). *Yoga para la salud*. Nueva York: Ananda Marga Publications, 1992.
- ASÍS, M. (1996). *Parapsicología e hipnosis experimental*. La Habana: Editorial Científico Técnica, 1996.
- ASÍS, M. (1996). *Acupuntura y hatha yoga para las disfunciones sexuales*. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1996.
- AULAGNIER, P. (1994). *Cuerpo, historia, interpretación*. Buenos Aires: Paidós, 1994.
- BRELET-RUEFF, C. (1998). «El paciente es ante todo una persona», en *Correo de la UNESCO*, febrero, 1998.
- CABRERA, M. (1998). «La expresión corporal en el desarrollo de la autoconciencia», Trabajo de diploma. Facultad de Psicología, Universidad de La Habana, 1998.
- CAPRA, F. (1999). *La trama de la vida*. Barcelona: Editorial Anagrama, 1999.
- CHOPRA, D. (1994). *La Curación Cuántica*. México: Ed. Grijalvo, 1994.
- ENGELS, F. Y C. MARX (1971). *Obras escogidas*, en dos tomos. Moscú: Editorial Progreso, 1971.
- FEBLES, M. (1996). Programa de terapia corporal. COA.P.
- FERNÁNDEZ, A. (1992). *La sexualidad atrapada de la señorita maestra*. Buenos Aires: Nueva Visión, 1992.
- FREUD, S. (1950). *Obras completas*, tomo VII, tomado de Lowen A. El lenguaje del cuerpo, obra referida a continuación.
- GARCÍA, H. J. A. «Técnicas corporales en Psicología Clínica». Internet.
- GARCÍA, P. M. (1995). *Para tener vida*. República Dominicana: Editorial de Espiritualidad del Caribe, 1995.
- GRENET, E. Y B. MARTÍNEZ (1990). *Relajación*. La Habana: Editorial Academia, 1990.
- GURDIEIEVA, N. D. (1995). *Psicología experimental de la acción realizada*. Moscú: Tribola, 1995.
- KAWAI, H. (1998). «Restablecer el diálogo entre el paciente y médico», en *Correo de la UNESCO*, febrero, 1998.
- LEONTIEV, A. N. (1983). *Actividad, conciencia, personalidad*. La Habana: Ed. Pueblo y Educación, 1983.
- LOWEN, A. (1996). *Bioenergética*. México: Editorial Diana, 1996.
- LOWEN, A. (1988). *El lenguaje del cuerpo*. Barcelona: Editorial Herder, 1988.
- LUFRIU, D. L. (1998). «Fundamentos y aplicaciones de los sensores biológicos de las investigaciones geofísicas», Tesis presentada en opción del grado de de Doctor en Ciencias geológicas. ISPJAE, 1998.



- MESHCHERYAKOV, B. G. (1998). *Análisis lógico-semántico de la concepción de L. S. Vygotskii*. Traducción al español por Ydania Suárez López Gavilán, del mismo título en ruso. Editora de la Universidad Pedagógica Estatal Samara, 1998.
- MORRÓS SARDÁ. *Bioenergía*. s/a.
- PUSHKIN, V. N. Y A. P. DUVROV (1980). *La parapsicología y las ciencias naturales modernas*. Madrid: Akal editor, 1980.
- REICH, W. (1975). *Análisis del carácter*. Buenos Aires: Editorial Paidós, 1975.
- SLATE, J. H. (1996). *Energía Psíquica*. México: Selector Actualidad Editorial, 1996.
- VIGOTSKY, L. S. (1987). *Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. 1987.
- VIGOTSKY, S. L. (1982-84-87). *Obras escogidas*. Tomos 1,4 y 6. Moscú: Editorial Pedagógica.
- VISHNUDEVANANDA, S. (1996). *El libro del Yoga*. Madrid: Alianza Editorial, 1996.
- VISHNUDEVANANDA, S. (1994). *Meditación y mantras*. Madrid: Editorial Alianza, 1994.
- WALLON, H. (1966) «Las etapas de la personalidad en el niño», en *Los estadios de la psicología en el niño*. La Habana: Edición Revolucionaria, 1966.
- WALLON, H. (1964). *Los orígenes del carácter en el niño*. Argentina: Editorial Lautaro, 1964.
- ZALDÍVAR, D. (1989). *Temas de Psicoterapia*. La Habana: Facultad de Psicología, Universidad de La Habana, 1989.

**Eco Solar** es una publicación científica electrónica trimestral para los especialistas de las fuentes renovables de energía. Se dedica a la promoción de temas relacionados con la energética, las energías alternativas, la física ambiental, la arquitectura bioclimática, el impacto sobre el medio ambiente la educación ambiental, la termoconversión, la eficiencia energética, y las energías de origen hidráulico, fotovoltaico, eólico, solar, biomasa y ciencias relacionadas

**DIRECTOR GENERAL:**

Dr. Luis Bérriz Pérez.

**DIRECTOR:**

M.Sc. Manuel Álvarez González.

**EDITOR JEFE:**

M.Sc. Alejandro Montesinos Larrosa.

**EDITORA:**

M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez.

**CORRECCIÓN:**

Ing. Jorge Santamarina Guerra.

**CONSEJO EDITORIAL:**

Dr. Luis Bérriz Pérez.

M.Sc. Manuel Álvarez González.

Dr. Conrado Moreno Figueredo.

M.Sc. Manuel Fernández Rondón.

M.Sc. Alejandro Montesinos Larrosa.

M.Sc. Daniel López Aldama

**DISEÑO ELECTRÓNICO:**

D.I. Antonio Romillo Polaino.

**WEB MASTER:**

M.Sc. Fernando González Prieto.

**CONSEJO ASESOR:**

Dra. Elena Vigil Santos.

Dr. Conrado Moreno Figueredo.

Dr. Sergio Corp Linares.

Dr. José Guardado Chacón.

Dr. Deny Oliva Merecio.

Dra. Dania González Couret.

Dr. Juan José Paretas.

Lic. Bruno Henríquez Pérez.

M.Sc. Leonor Turtós Carbonell.

M.Sc. Alejandro Montesinos Larrosa.

Lic. Ricardo Bérriz Valle.

Dr. David Pérez Martín.

Dr. César Cisnero Ramírez



**SOCIEDAD CUBANA PARA LA PROMOCIÓN  
DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y EL RESPETO  
AMBIENTAL**

Calle 20 no. 4113, esquina a 47, Miramar, Playa,  
Ciudad de La Habana, Cuba. Código Postal: 11300.

Teléfono: (537) 205-9949.

Apartado postal: 6611, CP: 10600, Ciudad de La Habana, Cuba.

e-mail: [editora@cubasolar.cu](mailto:editora@cubasolar.cu)

<http://www.cubasolar.cu>