

## RENDIMIENTO TÉRMICO DE SISTEMAS SOLARES PASIVOS CON OBSTRUCCIONES LATERALES

Bargna, A.; Curadelli, S.; Martín, V.; Esteves, A.  
LABORATORIO DE AMBIENTE HUMANO Y VIVIENDA (LAHV)  
(INCIHUSA - CRICYT - CONICET)  
C.C. 131 - 5500 Mendoza - República Argentina  
Tel: 54-61-288797 - Fax: 54-61-287370  
e-mail: [acsteves@lab.cricyt.edu.ar](mailto:acsteves@lab.cricyt.edu.ar)

### RESUMEN

En la implementación de Sistemas Solares Pasivos en edificios siempre se ha tratado de tener el menor grado de obstrucción sobre cada sistema. Sin embargo en ambientes urbanos o suburbanos las restricciones de los terrenos generan movimientos de los volúmenes que tienden a desplazarse unos respecto de otros generando sombras que se mantienen determinada cantidad de tiempo sobre los sistemas disminuyendo el rendimiento de los mismos. En este trabajo se presenta una metodología para conocer la disminución del rendimiento del sistema solar pasivo en función del grado de obstrucción. Poder conocer la relación entre rendimiento y grado de obstrucción constituye una herramienta muy útil para el proyectista al momento de decidir la inclusión del sistema solar en su proyecto.

### INTRODUCCIÓN

La utilización de energía solar en los edificios presenta para el proyectista problemas de diseño cuando se trata de obtener la máxima ganancia en el aprovechamiento de los sistemas solares.

Los sistemas solares pasivos más utilizados han sido ganancia directa (GD), muros acumuladores (MA) e invernaderos (I). Éstos pueden estar adosados o integrados al edificio. En las aplicaciones se ha tratado de mantener los sistemas libres de obstrucciones ya que así se obtienen las mejores condiciones para un mayor aprovechamiento energético. Sin embargo, cuando se trata de realizar un diseño en el caso de edificios que se encuentran en zonas urbanas o suburbanas, donde los terrenos son limitados en superficie es normal diseñar espacios que se desfasan unos con otros respecto al norte, resultando en obstrucciones a los sistemas pasivos.

En este trabajo se evalúa la disminución del rendimiento térmico en función de la desviación angular resultante de esta situación.

### METODOLOGÍA

Se consideran los datos climáticos de la Ciudad de Mendoza (observatorio), cuyas coordenadas geográficas son: latitud -32,86°S; longitud 68,85 O; altitud 723 m.s.n.v.

El estudio se realiza teniendo en cuenta como referencia el rendimiento de un sistema solar sin obstrucción lateral y sin obstrucción del lado norte. La radiación solar reflejada no está considerada. (Figura 1). En esta situación, el colector recibe el total de la energía solar diaria. Cuando se desplaza un local con respecto a otro, aparecen obstrucciones que genera distintas situaciones que se indican en la Figura 2.

La metodología utilizada ha sido trabajar con el método indicado en Duffie and Beckman, 1991 para la evaluación de la energía solar incidente sobre los sistemas solares pasivos y el método de la Relación carga Térmica Colector (RCC) de Balcomb et al., 1983 para determinar el rendimiento de los sistemas.

Los distintos ángulos de apertura, que representan diferentes grados de obstrucción de acuerdo con las horas en que el sol sombrea el sistema solar son 90°, 98°, 106°, 115°, 122°, 128° y 136° (el primer ángulo corresponde a tomar medio día, sin obstrucción, el segundo corresponde a tomar entre las 11,30 hs y el resto del día, el tercero, a tomar entre las 11,00 hs. y el resto del día, etc.). Dado que la trayectoria solar varía con los distintos meses del año, se ha considerado el estudio para los meses de Junio, Julio, Agosto y Setiembre. Los meses de Mayo y Abril son simétricos con Julio y Agosto respectivamente y estos representan la época invernal local.

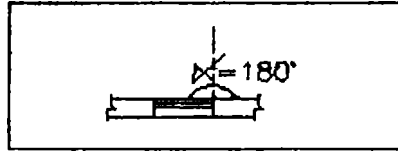


Figura 1: Caso ideal (sin obstrucciones)

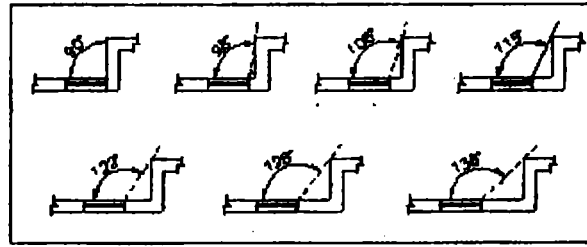


Figura 2: Diferentes casos de obstrucción.

Los datos sobre la radiación solar que llega al colector en los diferentes períodos de tiempo y en cada mes son volcados a una tabla donde para cada ángulo se calcula el porcentaje de radiación recibida sobre el sistema.

Con estas tablas, se realizan gráficos. Una vez obtenidos los mismos, se ajusta un polinomio de segundo grado y se obtienen así los valores intermedios. En la Figura 3 se puede observar la representación para cada mes y la curva de regresión correspondiente. En las abscisas se representan como grados/180 para que los coeficientes en X de la correlación den valores mayores que 1. Aparece un coeficiente de correlación que en todos los casos es mayor del 90%. Si se agrupan todos los meses en uno, el coeficiente de correlación cae a 0,8567 pero resulta igualmente válido para ser usado en lugar de los anteriores (Figura 4).

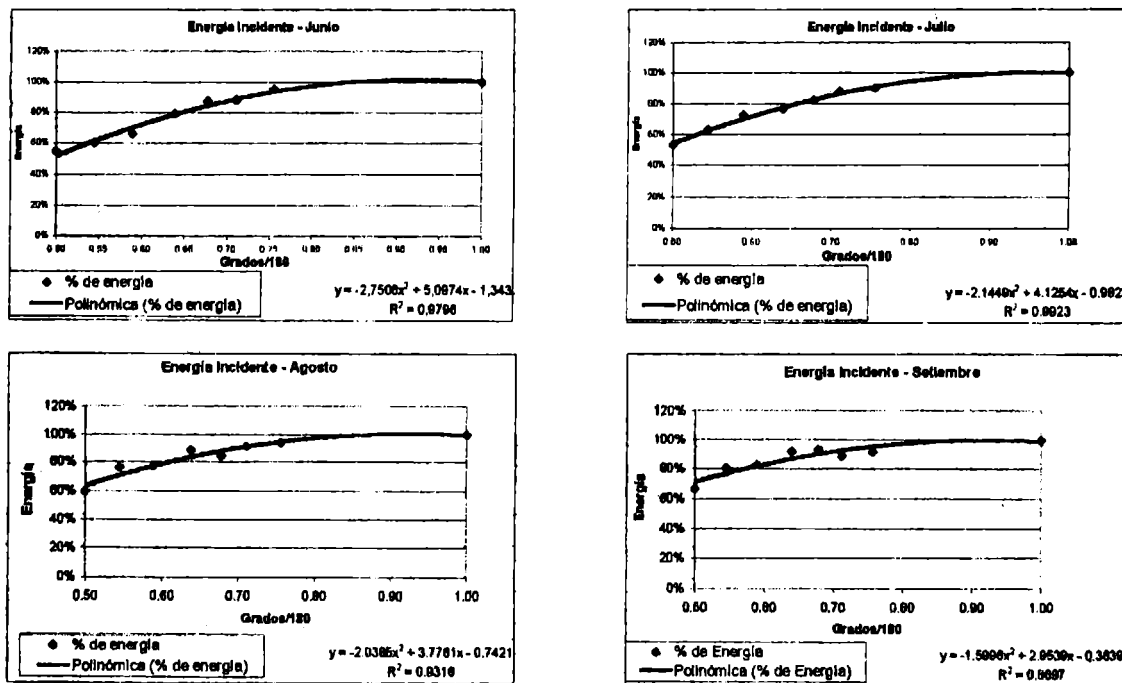


Figura 3: Representación para cada mes.

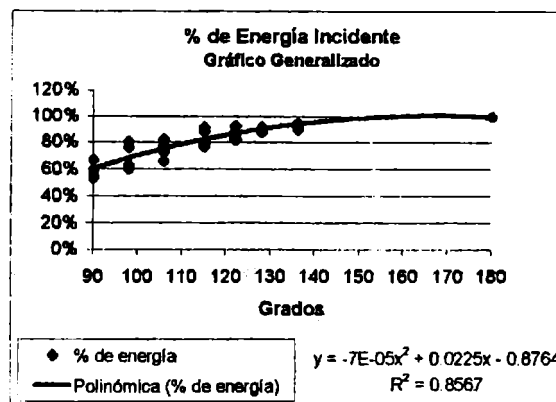


Figura 4: Generalización para todos los meses.

## RELACIÓN B/A

Para facilitar la aplicación de los datos obtenidos al diseño arquitectónico, se plantean los porcentajes de energía absorbida en función de la relación b/a, concebida como aparece en el esquema de la Figura 5. La tabla 1 indica la equivalencia existente entre el ángulo sin obstrucción y la relación b/a. Esta relación es más apropiada ya que permite una mejor visualización del problema, con las dimensiones del colector y los elementos de obstrucción.

Ángulos	Tangente
90°	Infinito
98°	7,11
106°	3,49
115°	2,14
122°	1,60
128°	1,28
136°	0,96
180°	0

Tabla 1: Equivalencia entre apertura angular y relación b/a.

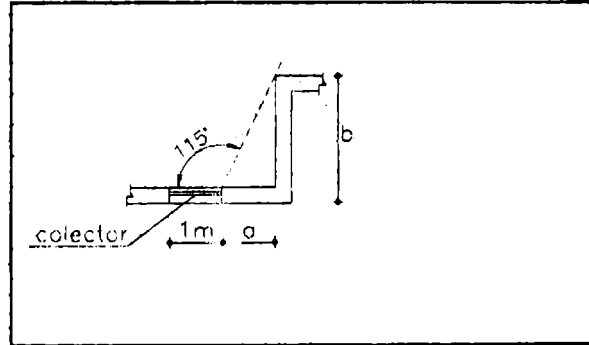


Figura 5: Esquema de cálculo de b/a

En caso de existir doble obstrucción, es decir, doble apantallamiento lateral de ambos lados del sistema, es igualmente útil ya que permite calcular la energía incidente sobre el sistema, sumando los efectos de las dos obstrucciones consideradas como si cada una influyera en forma independiente.

### Ejemplo:

Dado un sistema como el de la Figura 5, el grado de obstrucción se calcula de la siguiente manera:

Ángulo de 115°:  $Tg 115^\circ = b/a = 2,14$

Si se toma  $a=1$

$$b = Tg 115^\circ \times a \Rightarrow b = 2,14$$

Si la obstrucción forma un ángulo de 115° con el colector, la energía media diaria absorbida por el sistema, por ejemplo para el mes de junio, es de 79%. Haciendo el pasaje a coordenadas lineales, se tiene la misma energía incidente siempre que b sea 2,14 veces mayor que a.

En caso de existir doble obstrucción, es igualmente útil ya que permite calcular la energía incidente sobre el sistema, sumando los efectos de las dos obstrucciones consideradas como si cada una influyera en forma independiente.

Por ejemplo con dos obstrucciones, una de 98° y la otra de 128°, se obtienen los siguientes resultados:

	Obstrucción	
	98°	128°
% Energía incidente s/ sistema	60%	88%
% Energía Perdida	40%	22%
%Total Energía incidente s/ sistema	38%	
%Total Energía Perdida	62%	

Tabla 2: Valores resultantes en el ejemplo con doble obstrucción.

## DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA

El rendimiento de los sistemas solares pasivos se ha tratado mediante el método de la Relación Carga térmica Colector (RCC) de Los Álamos National Laboratory, indicado en Balcomb, et al; 1983. En este método el rendimiento térmico se mide mediante un factor, la Fracción de Ahorro Solar (FAS). Ésta tiene en cuenta la fracción de energía que es aportada por un sistema solar determinado del total que necesita el edificio.

La FAS para un determinado sistema solar tiene una expresión genérica que depende de las condiciones climáticas del lugar de implantación del edificio, a través de la relación de la radiación solar absorbida sobre los grados día. Por otro lado, tiene

en cuenta las condiciones del edificio mismo a través de la RCC, que involucra las pérdidas/ganancias de energía del edificio, a través del Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP) y el Area Colectora del sistema solar respectivamente.

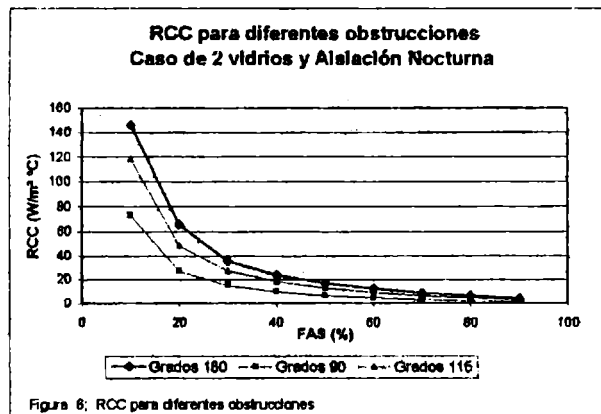
La ecuación que brinda el valor de FAS es la siguiente:

$$FAS = \frac{\frac{S}{GD} - (U * A)_{ss} * H}{\frac{CNP * K}{AC}}$$

En donde:

- S = Radiación solar absorbida por el sistema solar [J / m<sup>2</sup> \* día]
- GD = Grados día (T.B. = 18 °C) [ °C \* día]
- (U\*A)<sub>ss</sub> = Pérdidas térmicas del sistema solar [J / °C \* día]
- CNP = Coeficiente neto de pérdidas del edificio [J / °C \* día]
- AC = Area colectora del sistema pasivo [ m<sup>2</sup> ]
- H y K: Coeficientes propios del sistema solar pasivo considerado
- Para el caso de Ganancia Directa: H = 0

La ecuación que brinda la relación entre la FAS y la RCC se ha trabajado con la energía solar incidente sobre fachadas potencialmente colectoras de energía cuando las mismas se encuentran libres de obstrucciones, y también para cada grado de obstrucción a través de la apertura angular y para cada sistema pasivo. La Figura 6 muestra como cae el rendimiento del SSP cuando se incrementa la obstrucción de 180° a 90°.



En caso de obtenerlo para otra localidad, se debe tratar del mismo modo: determinar los porcentajes de radiación incidente en función de la apertura sin obstrucciones y luego calcular los RCC en función de los FAS para cada sistema solar.

Por ejemplo en el caso de tener un RCC de 10 W / m<sup>2</sup> \* °C, la FAS alcanzada por el sistema de GD con 2 vidrios y Aislación nocturna sin obstrucciones (180°) es de 70% aproximadamente. Cuando el ángulo de apertura es de 115°, la FAS cae a 60% y para 90° cae a 40%.

## CONCLUSIONES

Se presenta una metodología interesante para conocer el rendimiento de los distintos sistemas solares pasivos en función del grado de obstrucción que puede existir en un diseño en particular. Esto resulta particularmente útil de conocer en el caso de proyectar viviendas bioclimáticas en ambientes urbanos o suburbanos donde se incrementara la posibilidad de tener estos casos.

Si bien no se incorpora la radiación reflejada del costado lateral de la obstrucción se pretende incorporarla en el futuro y contar así con una herramienta muy útil que pueda ayudar en la extensión del uso de estas tecnologías.

## REFERENCIAS

- Balcomb, J.D. et al. (1983): *"Passive Solar Design Handbook - Vol. 3"*. ASIES. Boulder, Co. USA.
- Duffie J., Beckman W. (1991). *"Solar Engineering of Thermal Processes"*. 2° Ed. Cap. II. Ed. Wiley. NY