CÁLCULO DE PREDIMENSIONADO, INVERSIÓN Y TIEMPO DE AMORTIZACIÓN, PARA VERIFICAR Y EVALUAR EL USO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN EDIFICIOS

F. Garreta
Centro de Investigación Hábitat y Energía, SICyT
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
CC 1785, Correo Central (1000) Capital Federal
Fax: 01 - 782 887. E-mail evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

Los diversos métodos de calculo para el dimensionamiento de módulos fotovoltaicos disponibles fueron desarrollados por fabricantes para sus propios productos y modelos, mientras otros, presentados en libros y publicaciones, son de difícil y extensa aplicación y requieren datos específicos. El objetivo de este trabajo es desarrollar un método sintetizado pero suficientemente preciso, que pueda ser aplicado con facilidad en cualquier etapa del proyecto de arquitectura o bien para verificar la posibilidad de usar sistemas fotovoltaicos en edificios existentes. El método resulta adecuado para aplicaciones didácticas en materias técnicas y de diseño de grado y posgrado.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de las últimas décadas y su creciente demanda de energía, plantea la necesidad de incorporar en la formación de profesionales de la construcción, los conocimientos e instrumentos necesarios para verificar y evaluar la utilización de energías limpias y renovables por medio de cálculos sencillos de predimensionado.

En el campo de la energía eléctrica solar generada por módulos fotovoltaicos, es necesario contar con un método práctico de predimensionado, de estimación de costos y tiempo de amortización, para verificar y evaluar la posibilidad de uso de estas sistemas en etapas iniciales del proyecto. Esto también ocurre en el caso de estudiantes de carreras de grado y posgrado, tanto en materias técnicas como en talleres de arquitectura y diseño, que requieren herramientas para evaluar rapidamente el uso de estos sistemas, sin tener la necesidad de profundizar sus conocimientos en este tema. El método debe aportar el área de captación necesaria para su correcto funcionamiento con los datos disponibles durante el proyecto y facilitar así su integración arquitectónica.

Existen diversos métodos de cálculo de módulos fotovoltaicos para aplicar, algunos en programas de computación, en su mayoría desarrollados por los fabricantes para sus propios productos y modelos (1). Otros métodos de cálculo presentados en libros (2) o publicaciones especializadas, resultan de difícil aplicación, requieren datos específicos o demandan mucho tiempo de desarrollo. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es presentar un método sintético y suficientemente preciso, que pueda ser aplicado con facilidad en cualquier etapa del proyecto de arquitectura o bien para verificar la posibilidad de incorporar instalaciones fotovoltaicas en un edificio existente. Los datos de las características de paneles, obtenida de los fabricantes y proveedores a nivel nacional, considerados para ser promediados a los efectos de posibilitar el cálculo, generan variaciones entre los resultados finales que no superan el 10 %. Margen de error suficiente para poder evaluar y predimensionar un sistema.

MÉTODO DE CÁLCULO

El procedimiento de cálculo está orientado hacia el manejo de superficies o áreas necesarias de módulos fotovoltaicos de acuerdo al rendimiento promedio de los paneles mas comunes en el mercado nacional y al lugar de emplazamiento, y no hacia la potencia nominal de los paneles.

Para desarrollar el cálculo se realizaron los siguientes pasos:

1. Recopilación de datos de Módulos Fotovoltaicos de primera calidad y de diferente procedencia disponibles en el país (1).
2. Análisis de los rendimientos (en valores normalizados de testeo), costos y características particulares.
3. Zonificación del país según valores similares del recurso de energía solar con datos del Servicio Meteorológico Nacional y CNEA (1, 3, 4).
4. Verificación y promedio de intensidad de radiación solar calculada mediante el programa ISOL (5).
5. Análisis de metodologías de cálculo de distintos fabricantes, distribuidores, publicaciones especializadas y libros (1,2).
6. Desarrollo y verificación del método.

Habiendo analizado información técnica de fabricantes de módulos de distinta procedencia, y relacionando los resultados con el programa de cálculo de radiación solar, se verificó que el rendimiento de los módulos fotovoltaicos estándar de celdas policristalinas, que se pueden encontrar actualmente en el mercado, tienen un valor promedio cercano a 12%, según tipo, fabricación y procedencia. Adicionalmente, la variación de la eficiencia aparente de un módulo en función a la latitud no es lineal, pues depende además de otras variables.
En los países productores de módulos fotovoltaicos, los precios son notablemente más bajos, lo que redunda en una mayor utilización; aunque se puede asegurar que ésta también depende en gran medida, de políticas gubernamentales que favorecen el

desarrollo de energías limpias y de planes a mediano y largo plazo, de conversión de fuentes energéticas tradicionales hacia las renovables, o de menor impacto ecológico (6).

PLANILLA DE CÁLCULO

1. Lugar.

2. Demanda diaria de energía.

Aparato	Tensión (volts)	(A) Consumo (watts)	(B) Horas (h)	(C) Fc	**(D) Subtotal (w h)**
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

(E) Demanda total (w h)

3. Superficie de captación de radiación solar.

(E) Demanda total (w h)	(F) R prom (w h/ m2)	**(G) Superficie (m2)**

4. Capacidad de la batería de acumulación de energía.

(E) Demanda total (w h)	(H) Tensión sistema (volts)	(I) Autonom.	(J) Fu	**(K) Capac. (A h)**
			1.6	

5. Inversión económica (para instalaciones de 0.5 a 3.5 Kw h por día).

(G) Superficie (m2)	(L) Costo aprox ($/ m2)	**(M) Costo de la instalación ($)**

6. Gasto anual de electricidad convencional de red.

(E) Dem. (w h)	(N) Conv.	(O) Días/ año	(P) Costo ($/ Kw h)	(Q) Abono ($)	**(R) Gasto anual ($)**
	1000	365			

7. Tiempo de amortización.

(M) Costo de la inversión ($)	(R) Gasto anual en electricidad ($)	**(S) T. Amortización (años)**

8. Conclusiones.

Tabla 1. Planilla de calculo.

REFERENCIAS TABLA 1.

A: Consumo de cada aparato.
B: Cantidad de horas de funcionamiento diario máximo estimado.
C: Factor de corrección según el tipo de corriente que utilice el artefacto. En caso de usar corriente alterna el valor es 1.15, si es de corriente continua es 1.
D: Consumo diario de cada artefacto. Se obtiene multiplicando A, por B, por C.
E: Demanda total de energía. Se obtiene sumando los subtotales D.
F: Energía eléctrica solar promedio generada por un panel fotovoltaico convencional en la zona del proyecto, según la ubicación y valor de la figura 1.
G: Superficie o área del panel fotovoltaico necesaria. Se obtiene dividiendo E, por F (se podría estimar una modulación del panel de 0.50m x 1m, 1m x 1m, 1m x 1.5m, 1.5m x 1.5m ó 1.5m x 2m).
H: Tensión nominal de la instalación (para instalaciones comunes generalmente se utilizan 12 volts).
I: Autonomía del sistema (cantidad de días que por malas condiciones climáticas los fotovoltaicos no puedan generar energía eléctrica. Podemos estimar entre cuatro y cinco).

J: Factor de utilización y seguridad de las baterías. Se puede considerar un valor de 1,6 con una profundidad de descarga de un 60%.

K: Capacidad necesaria de energía acumulada. Se calcula multiplicando E, por I, por J, dividido H.

L: Costo por m^2 de un modulo fotovoltaico convencional. Los valores del mercado nacional oscilan entre $700- y $1400- según la potencia de la instalación (a mayor potencia menor costo). Se puede estimar los siguientes valores, que incluyen equipamiento de automatización, control y seguridad necesario para su correcto funcionamiento:

Tabla 2. Costo aproximado por metro cuadrado según potencia

De 0.5 a 1.5 Kwh/d	De 1.5 a 2.5 Kwh/d	De 2.5 a 3.5 Kwh/d
1400 $/m2	1000 $/m2	700 $/m2

M: Monto de la inversión. Se obtiene multiplicando G por L.

N: Factor de conversión de wh a kwh.

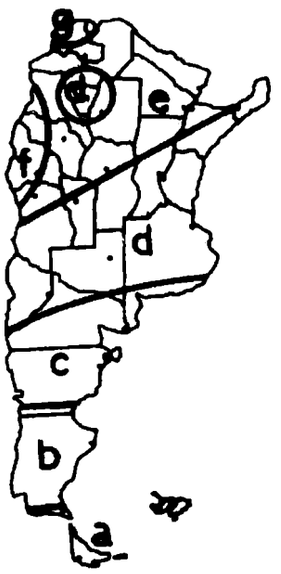
O: Número de días por año.

P: Valor del kwh para uso residencial con impuestos incluidos. Red convencional, aproximadamente 0.12 $/Kwh.

Q: Costo estimado del abono anual residencial con los impuestos incluidos $34-.

R: Costo anual del servicio eléctrico. Se obtiene multiplicando E, por O, por P, dividido N; y sumando al total Q.

S: Tiempo de amortización. Se calcula dividiendo M por R.



Zona	Prom. anual	Mes crítico
a	320	290
b	400	360
c	500	450
d	520	470
e	540	490
f	580	525
g	720	650

Figura 1.
Promedio anual e invernal de energía generada por un modulo fotovoltaico convencional (w h/ m2)
El mapa proviene de las publicaciones de Solartec (1) , la tabla es de elaboración propia.

CONCLUSIONES

La aplicación del método contribuye a simplificar las gestiones del proceso de diseño para lograr una verdadera arquitectura solar concebida como un proyecto integral, evitando la yuxtaposición de elementos solares adicionados. Los resultados permiten conocer la superficie de fotovoltaicos, estimar la inversión necesaria y prever el impacto visual que genera la colocación de elementos de captación solar en fachadas, cubiertas, aleros, parasoles, etc., tanto en edificios existentes como en proyectos nuevos o terminados.

REFERENCIAS

1). Datos de publicaciones técnicas de los siguientes fabricantes y distribuidores:: Solarex, Eco-solar, A.S..E. Americas Inc., Solartec-Siemens, Kyocera.
2). Stand-alone Photovoltaic Systems, A Handbook of Recommended Design Practices, 1995.
3). Martin Evans y Silvia de Schiller, Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar, EUDEBA, Buenos Aires, 1994.
4). Red solarimétrica, No 1 a 13, Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires, 1979-1985..
5). Programa ISOL desarrollado por CIHE.
6). Eficiencia Energética, 137, publicación periódica, Junio1996, Barcelona.