

LA POTENCIA PREDOMINANTE DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

R. González, J. Piay

Centro de Estudios de la Energía Solar (CENSOLAR)
Parque Industrial PISA, Edificio CENSOLAR, 41927 Mairena del Aljarafe, Sevilla (España)
Tel.: 954 186 200 Fax.: 954 186 111 Email: censolar@censolar.org

RESUMEN.- Se propone un nuevo parámetro de caracterización del funcionamiento de los sistemas de generación de energía por medio de la captación y conversión eléctrica de la radiación solar, así como su adopción como parámetro de referencia para los elementos captadores-generadores, y como criterio de evaluación energética y optimización de estos sistemas.

La irradiancia media incidente sobre un panel fotovoltaico y, en consecuencia, la potencia media generada por éste en un determinado período de tiempo, $\int P dt / \Delta t$, aunque es un dato de cierto interés en toda instalación, no basta para describir suficientemente bien el comportamiento energético del panel y no siempre constituye una referencia adecuada para la optimización del sistema, y poder elegir, por ejemplo, el inversor que mejor se adapte a dicho comportamiento.

Para darse cuenta de que el simple valor de la potencia media de un generador solar en un determinado período de tiempo, Δt , normalmente no aporta por sí solo un dato significativo que sirva para caracterizar a una instalación concreta, basta observar el ejemplo mostrado gráficamente en la figura 1, en la cual se ha supuesto una determinada distribución temporal de la irradiancia.

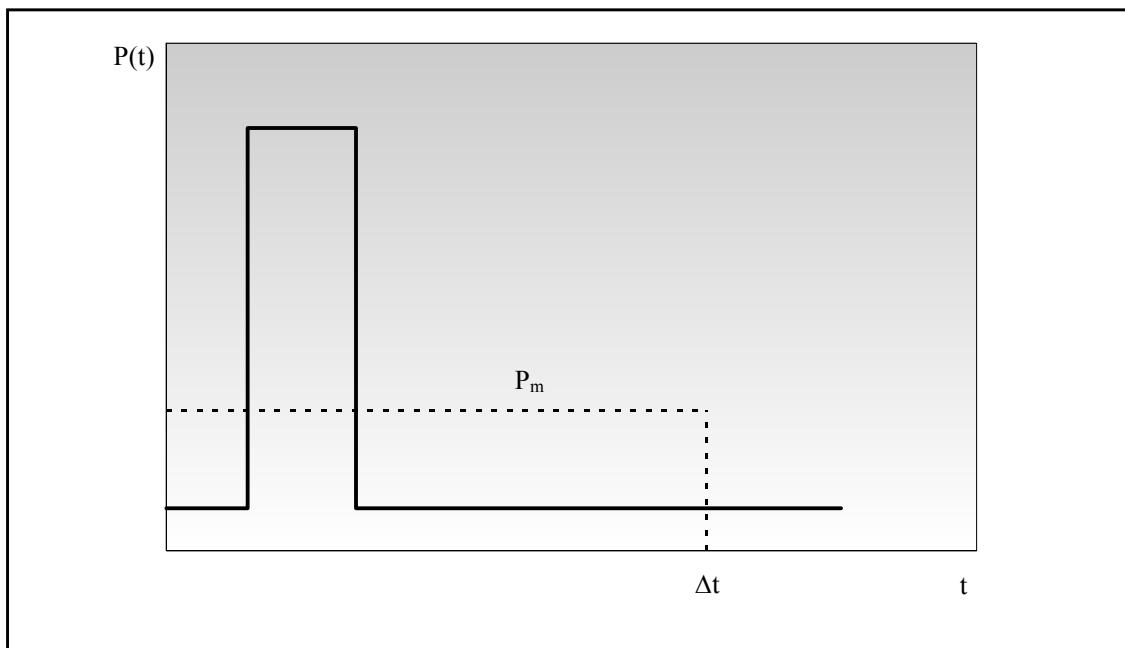


Figura 1. Distribución temporal de potencia formada por dos únicos valores.

En efecto, en este caso, la diferencia existente entre los distintos valores de la irradiancia implica que la potencia media correspondiente a esta distribución, en un intervalo de tiempo Δt , tenga un valor muy alejado de cualquiera de los posibles (reales), resultando así ser un dato de poca utilidad por la escasa o nula información que aporta.

Un parámetro que resulta de utilidad a la hora de describir el comportamiento del generador solar en un período de tiempo determinado (que puede variar desde unas pocas horas hasta un año entero), en la medida que aporta información sobre la distribución temporal de la irradiancia incidente en dicho generador, y que se denominará *potencia predominante*, PP , se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$PP = \int P dE / \int dE = \int P (P dt) / \int P dt = \int P^2 dt / \int P dt$$

siendo E la energía captada por el panel durante el período de tiempo y P la potencia instantánea (función del tiempo), que a todos los efectos se supone proporcional a la irradiancia incidente sobre dicho panel. Se emplea aquí el término *potencia* para hacer extensivo este nuevo concepto, tanto al proceso de captación (en el que debería hablarse de irradiancia predominante), como al de generación, ya que, en cualquiera de los dos casos, la información implícita en el parámetro resulta de igual utilidad.

Parece obvio que, conocida la potencia predominante captada, que dependerá principalmente de la ubicación (latitud, inclinación y orientación) del panel, la potencia predominante generada se puede determinar principalmente basándose en las características de funcionamiento propias del panel (eficiencia al nivel y ángulo de incidencia correspondientes a la irradiancia predominante) y, en mayor o menor medida, a las de la propia instalación. Así, se podría hablar también de la intensidad y la tensión predominantes, parámetros éstos correspondientes al punto de trabajo definido por la respuesta del panel a la irradiancia predominante y por la característica eléctrica del resto de la instalación.

De especial interés, de cara a minimizar las pérdidas por acoplamiento en los módulos conectados en serie, será tratar de elegir paneles con valores de tensión predominante muy próximos entre sí, en lugar de utilizar los valores de V_{OC} o V_{MP} , como viene siendo habitual.

Como se podrá comprobar en los sucesivos ejemplos, la potencia predominante (captada o generada) da una idea más precisa que la potencia media de cuál es el valor de la potencia, o rango de potencias, que mayor influencia o peso tiene en el proceso de generación de energía, parámetro este último que interesa muy especialmente conocer.

Ejemplo 1 (fig. 2)

Distribución parabólica: $P = -t^2 + 2at$ ($0 \leq t \leq 2a$)

De las definiciones correspondientes, efectuando unas sencillas operaciones, se obtienen los resultados siguientes:

La potencia máxima, P_M , es igual a a^2 , y se alcanza para $t = a$

La potencia media, P_m , es igual a $2a^2/3$, y se alcanza para $t = a \pm (3)^{1/2} a/3$

La potencia predominante, PP , es igual a $4a^2/5$, y se alcanza para $t = a \pm (5)^{1/2} a/5$

Por tanto:

$$P_m = 67\% \text{ de } P_M$$

$$PP = 80\% \text{ de } P_M$$

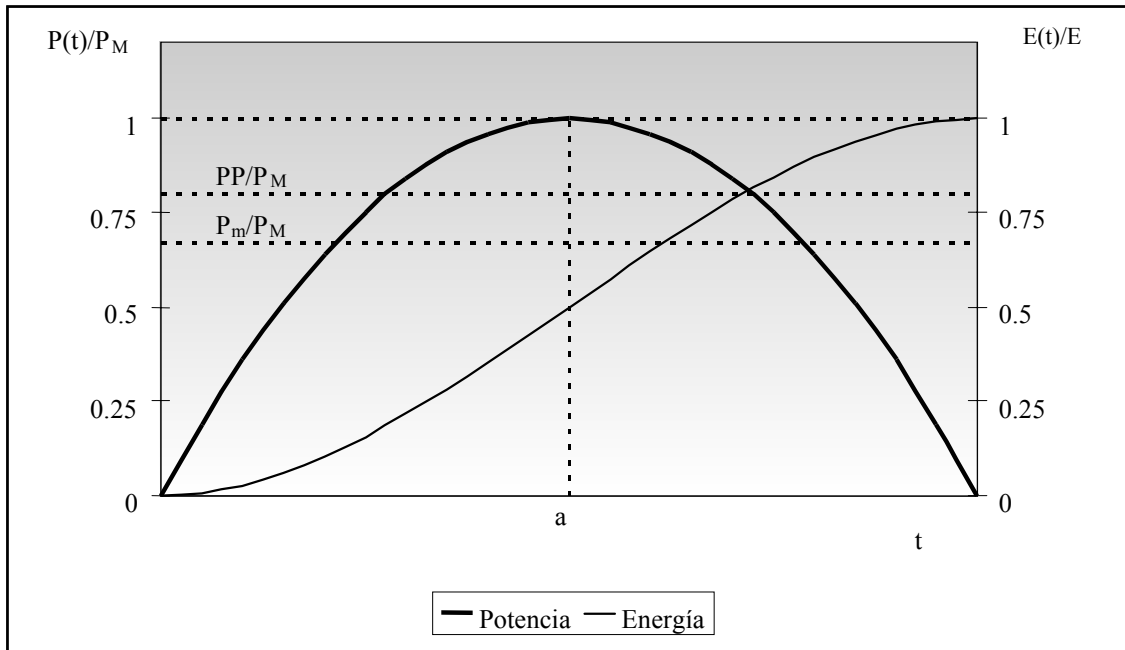


Figura 2. Distribuciones temporales de potencia (tipo parabólica) y de su energía correspondiente.

Ejemplo 2 (figura 3)

Distribución senoidal: $P = a \text{ sen } \omega t$ ($0 \leq \omega t \leq \pi$)

Se obtienen los siguientes resultados:

$$P_M = a$$

$$P_m = 2a/\pi$$

$$PP = \pi a/4$$

Por tanto:

$$P_m = 64\% \text{ de } P_M$$

$$PP = 79\% \text{ de } P_M$$

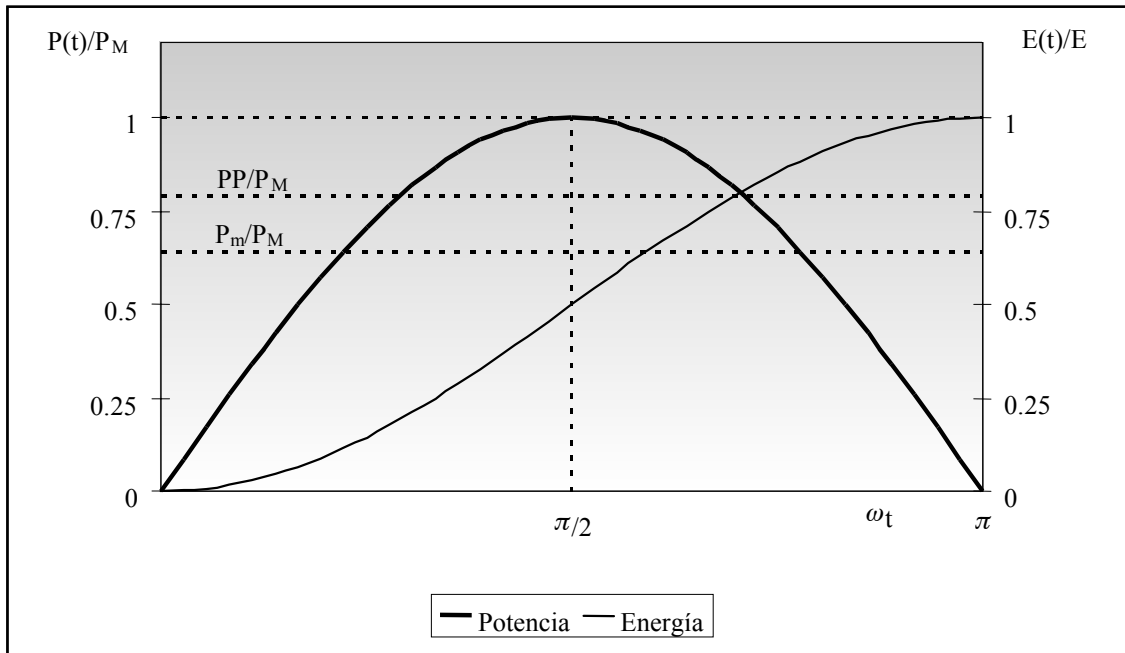


Figura 3. Distribuciones temporales de potencia (tipo senoidal) y de su energía correspondiente.

Ejemplo 3 (figura 4)

Distribución tipo Weibull: $P = t \exp(-t)$ ($0 \leq t \leq 8$)

Se obtienen los siguientes resultados:

$$P_m = 34\% \text{ de } P_M$$

$$PP = 68\% \text{ de } P_M$$

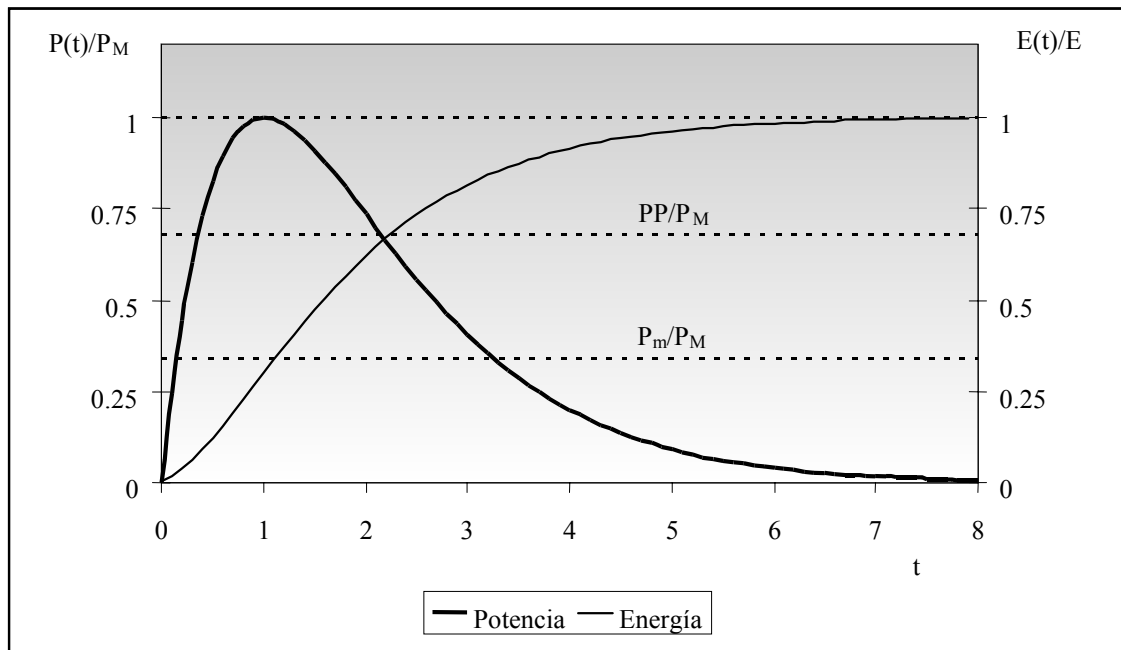


Figura 4. Distribuciones temporales de potencia (tipo Weibull) y de su energía correspondiente.

Los ejemplos anteriores tienen un carácter meramente didáctico y sirven para mostrar el hecho de que la potencia predominante toma un valor claramente distinto al de la potencia media, sirviéndose para ello de tres funciones de distribución temporal de la potencia que, a pesar de su sencillez y del mencionado carácter, tienen cierta similitud con casos reales, tal como se comprobará más adelante.

La distribución temporal de la irradiancia máxima teórica incidente sobre un panel arbitrariamente orientado e inclinado se obtiene haciendo uso de conocidas expresiones de Astronomía de Posición y Radiación solar cuyo tratamiento analítico es complejo, por lo que generalmente se recurre a aproximarla mediante un programa informático que considere sus valores en un número suficiente de puntos desde el orto hasta el ocaso (por ejemplo, cada minuto).

Así, mediante la herramienta informática desarrollada por Censolar *PowerSun*, para la caracterización de superficies de captación solar, se puede calcular el valor de la potencia predominante para cualquier instalación fotovoltaica y comparar dicho valor con el correspondiente al de la potencia media. En general, se observan diferencias considerables (en absoluto despreciables) entre ambos valores, las cuales es necesario que sean tenidas en cuenta por los proyectistas de sistemas fotovoltaicos, si desean conocer con un buen grado de aproximación el comportamiento energético previsible de estos sistemas.

En las figuras de la 5 a la 9 se muestran algunos ejemplos de representación gráfica de los datos obtenidos con la mencionada herramienta software, supuestas condiciones de cielo claro, cuyo análisis conducirá, previsiblemente, a efectuar algunos cambios en los criterios de evaluación energética de los sistemas fotovoltaicos, especialmente en el caso de instalaciones conectadas a la red.

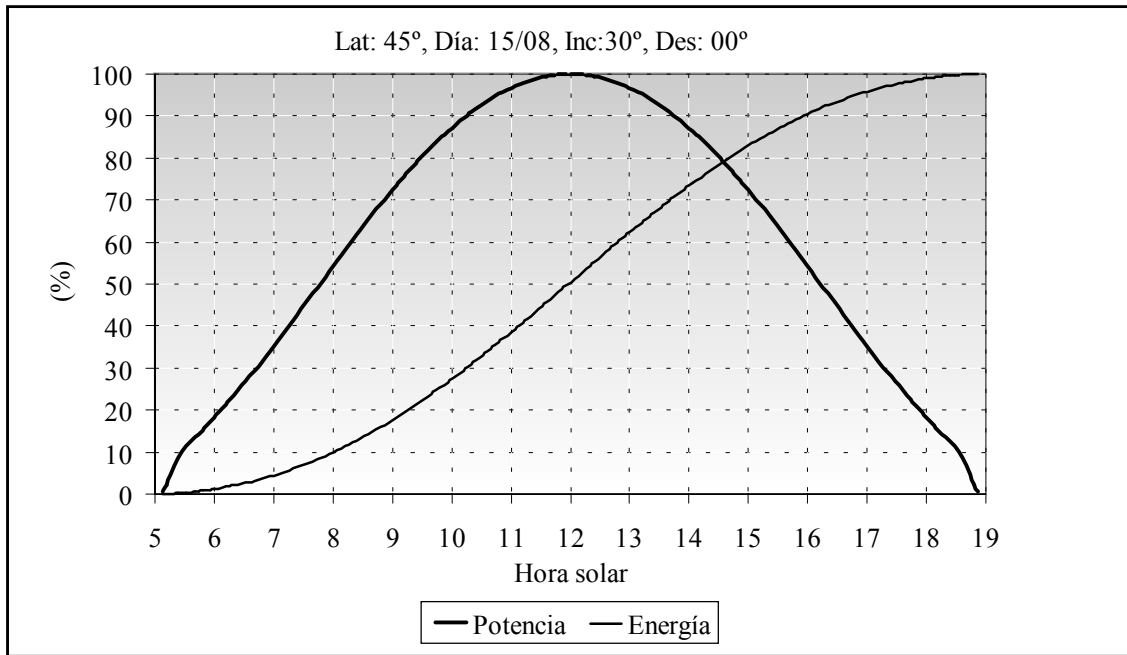


Figura 5. Porcentajes de potencia y energía (respecto a sus máximos correspondientes) para una superficie a una latitud de 45°, inclinada 30° sobre horizontal y orientada hacia el ecuador, el día 15 de agosto.

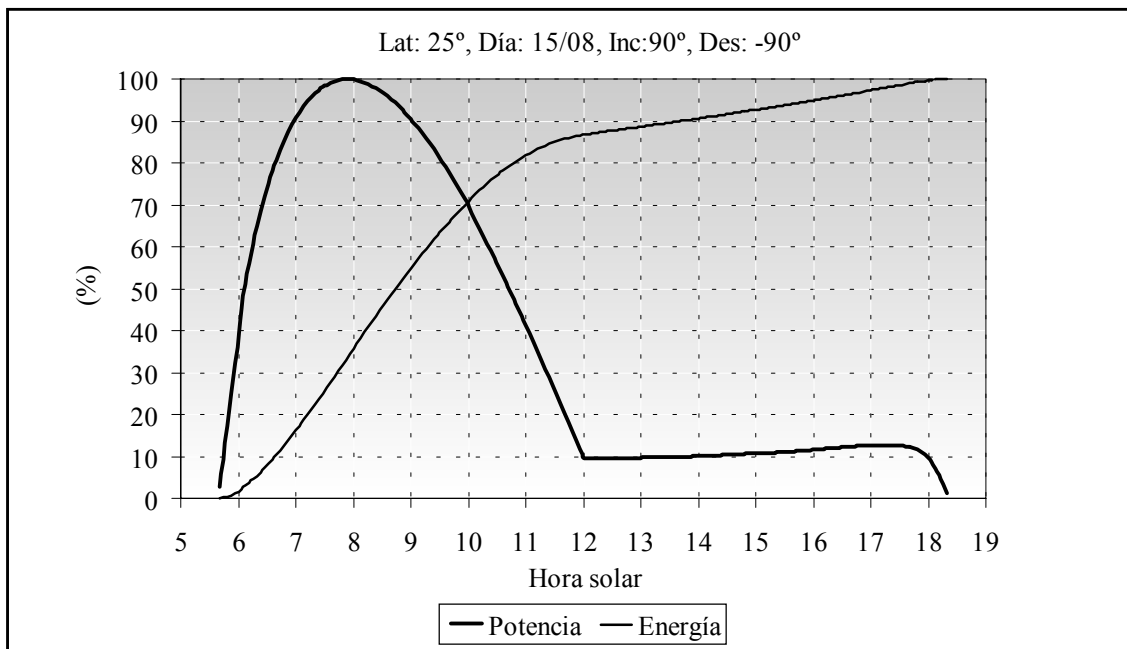


Figura 6. Porcentajes de potencia y energía (respecto a sus máximos correspondientes) para una superficie a una latitud de 25°, inclinada 90° sobre horizontal y orientada 90° hacia el este, el día 15 de agosto.

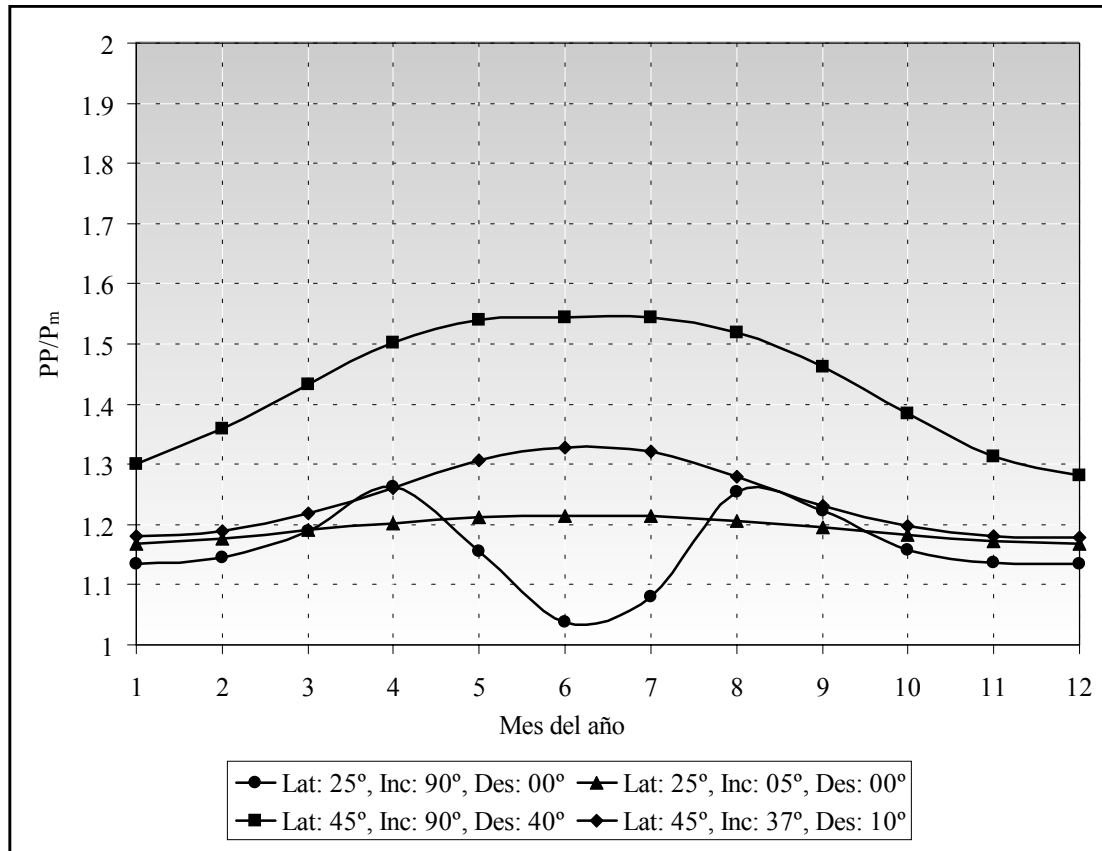


Figura 7. Relación, a lo largo del año, entre la potencia predominante y la potencia media para una superficie a las latitudes, inclinaciones sobre horizontal y desviaciones respecto al ecuador indicadas.

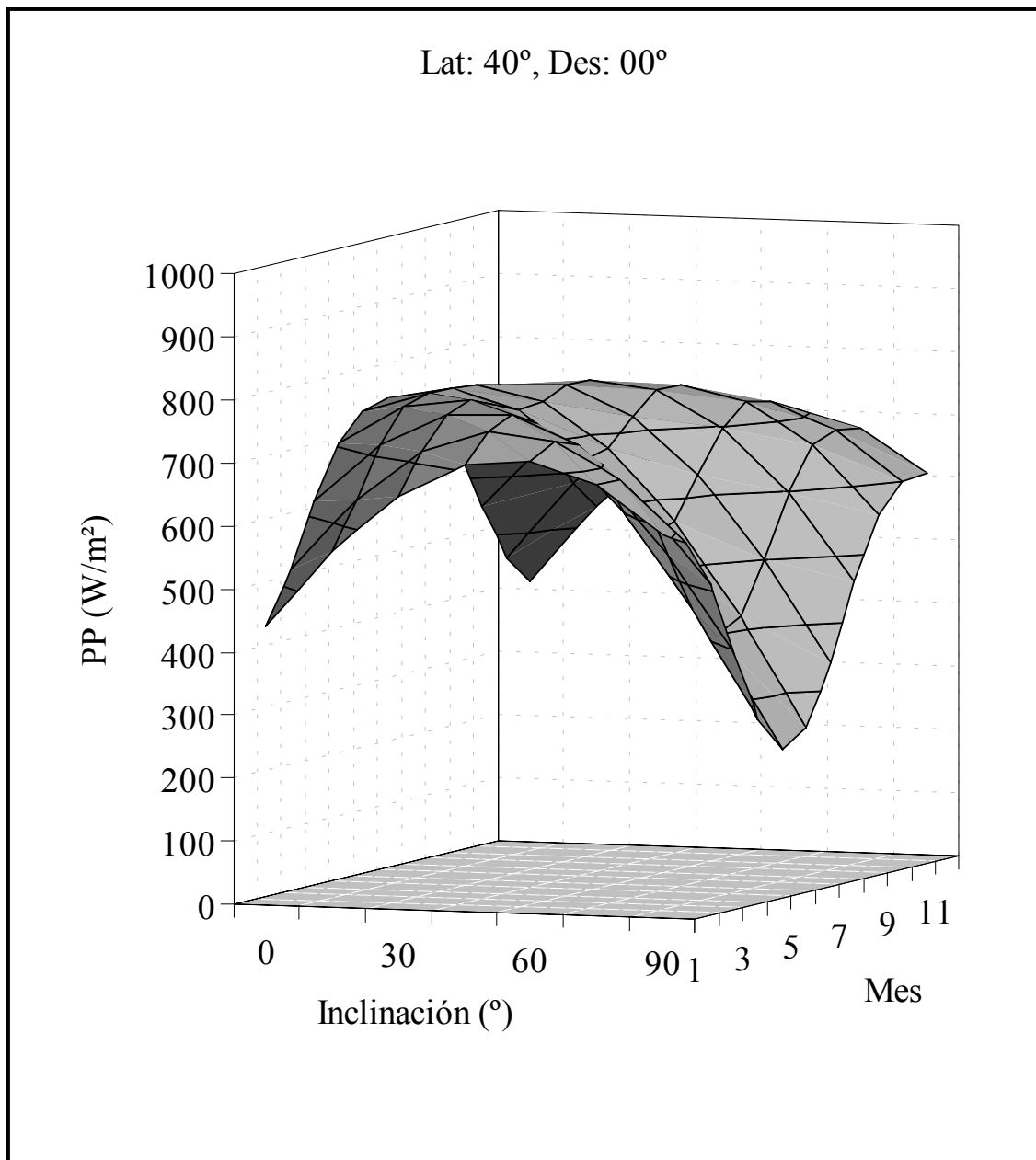


Figura 8. Valor de la potencia (irradiancia) predominante para una superficie a una latitud de 40° y orientada hacia el ecuador, en función de su inclinación sobre horizontal y del mes del año.

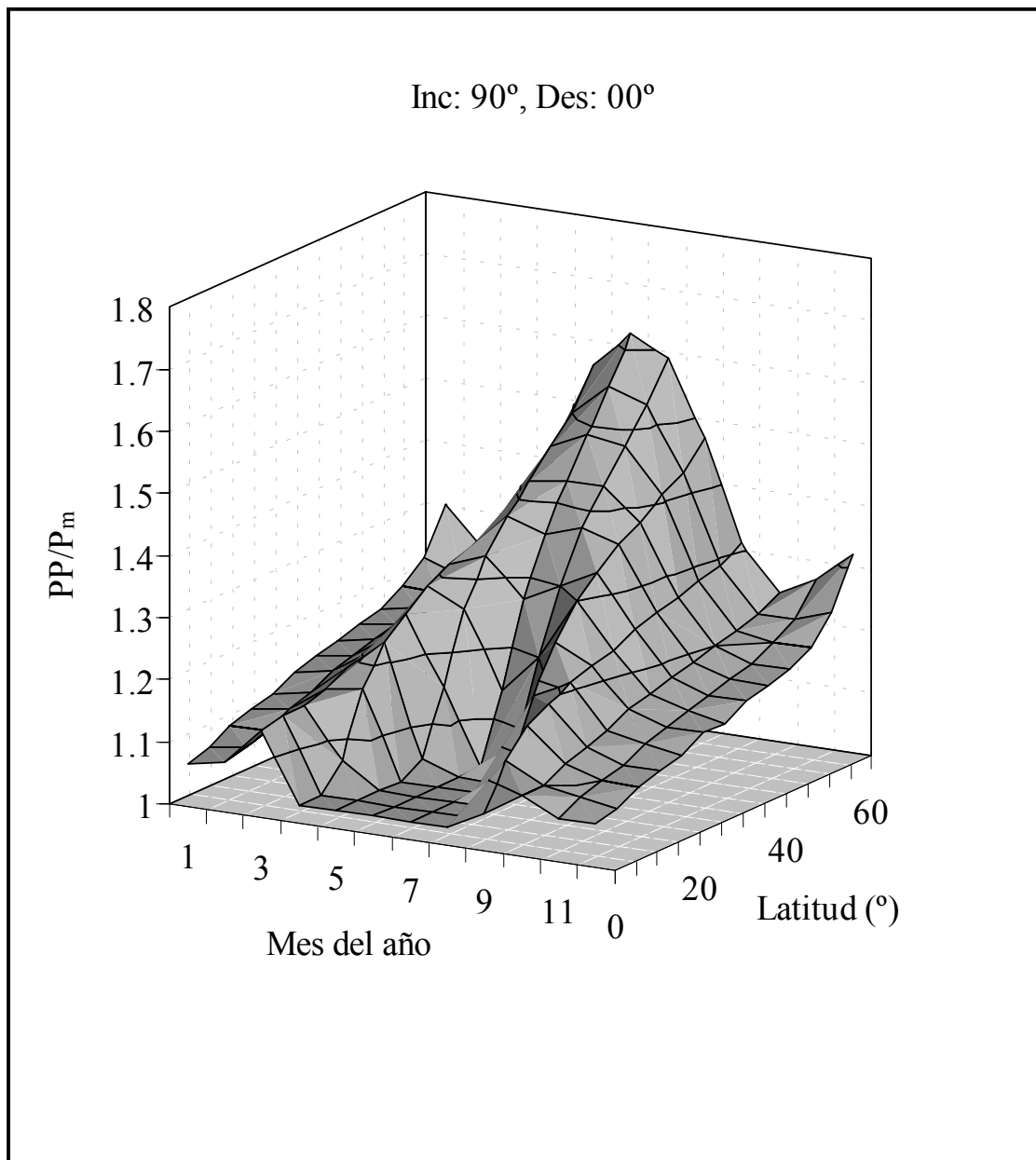


Figura 9. Relación entre la potencia predominante y la potencia media para una superficie inclinada 90° sobre horizontal y orientada hacia el ecuador, en función de la latitud y del día del año.

Conclusiones

Definida la potencia predominante como un parámetro característico, sólo queda interpretar su significado. Una de las posibles interpretaciones, y quizás la de mayor interés a efectos prácticos, es que la potencia predominante es una indicación, como su propio nombre indica, de los valores de las potencias que tienen mayor influencia (peso) en el proceso de generación energética de una instalación fotovoltaica concreta. Éste parece ser, sin duda, un buen criterio de caracterización de sistemas solares, además de ser —la potencia predominante— una referencia de gran interés de cara al diseño y dimensionado de dichos sistemas, habida cuenta de que el principio de funcionamiento de los generadores solares se caracteriza principalmente en base a términos de potencia de la radiación solar (que es en realidad de lo que se ha estado hablando en este estudio).

Directamente relacionados con la potencia están parámetros típicos como el rendimiento de los generadores fotovoltaicos, y la tensión y la corriente generada.

La adopción de esta nueva referencia llevaría a hablar, pues, de rendimiento predominante, o de tensión y corriente predominantes (características), parámetros éstos que se deberían tener en cuenta en los procesos de evaluación y optimización (evaluación energética, evaluación de pérdidas por desacoplo, eficiencia de inversores fotovoltaicos, etc.) en sustitución de sus homónimos sin el calificativo “predominante”.