

# Incidencia energética y medioambiental del aprovechamiento de energía solar fotovoltaica en el sur y este de la isla de Gran Canaria

Felipe Díaz Reyes, Domingo Valido de la Nuez, Javier Cruz Norro, Antonio Pulido Alonso, Jesús Romero Mayoral, José C. Quintana Suárez

Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Edif. de Ingenierías. Campus universitario de Tafira. Las Palmas 35017. Islas Canarias.  
Tel.:+34 928451989, fax:+34 928451874, e-mail: fdiaz@die.ulpgc.es

**Resumen.** La isla de Gran Canaria es una de las siete islas del Archipiélago de las Islas Canarias (España). Como territorio delicado y fragmentado, en las islas el desarrollo de las energías renovables tiene un especial interés debido no sólo a la protección medioambiental de un entorno de por sí frágil, sino a que la propia condición de insularidad hace que estos territorios dependan energéticamente del exterior. En este sentido las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red situadas en azoteas y tejados, cumplen con la doble condición de generar energía de manera limpia y tener un impacto ambiental nulo.

En el presente trabajo se analizan las posibilidades reales de generación fotovoltaica descentralizada en las zonas Sur y Este de la isla de Gran Canaria, comparando los paneles disponibles en el mercado, y analizando su incidencia en la generación eléctrica de la isla así como sus consecuencias medioambientales.

## Palabras llave

Energía solar fotovoltaica, integración en red de energías renovables, energía y medio ambiente.

## 1. Introducción

Las condiciones del Archipiélago Canario para el aprovechamiento de la energía solar son extraordinarias. Tanto su latitud como sus condiciones ambientales hacen que se disponga de altos valores de radiación solar durante todo el año. Es evidente, por tanto, que se pierde una gran oportunidad si no intentamos aprovechar esta energía de la mejor forma posible. En apoyo de esta opinión se encuentran diversos trabajos llevados a cabo, en particular para la isla más densamente poblada del Archipiélago, Gran Canaria [2] [3].

Por otro lado, las Islas Canarias son un archipiélago con un grave problema de superpoblación y altamente antropizados. Curiosamente, la principal fuente de ingresos de las islas la constituye la actividad turística, una actividad que poco a poco parece ir acabando con ella misma dado el excesivo volumen constructivo

alcanzado en el territorio, lo que se traduce en un mayor contingente turístico de peor poder adquisitivo. Es decir, más infraestructura, más energía, y menos ingresos.

Además, y debido a todo ello, nos encontramos con un conjunto de islas en las que el consumo energético ha crecido enormemente en un corto plazo, produciendo además un gravísimo problema de dependencia externa. De hecho, las Islas Canarias dependen por completo de las importaciones del exterior para su suministro energético. Las importaciones se componen en la actualidad exclusivamente de petróleo, hasta el punto de que del total de la energía primaria consumida en el año 2001, el 99,4% tenía al petróleo como fuente de energía, siendo la aportación de las energías renovables de sólo el 0,6% restante.

En definitiva, nos encontramos con un panorama altamente preocupante desde el punto de vista energético y, por supuesto, social. Es por ello, que parece ineludible abordar seriamente la problemática energética, analizando las posibilidades que ofrece el territorio.

Dentro de esta línea se enmarca este trabajo, que pretende realizar una pequeña aportación con vistas al posible aprovechamiento energético solar, empleando cubiertas de edificaciones, es decir suelo ya antropizado, de manera que no se genere mayor impacto ambiental del existente, sino que, al contrario, se permitan reducir los niveles de consumo de combustibles fósiles para generación convencional en nuestras islas, con la subsiguiente disminución de dependencia económica y estratégica del exterior.

## 2. Metodología y resultados

En estudios previos de este equipo de trabajo se estableció una metodología de trabajo para estimar las posibilidades de generación fotovoltaica descentralizada en Canarias empleando exclusivamente cubiertas de edificaciones existentes a partir de los modelos de Page, Liu, Jordan, Hay y Davies [1], proponiéndose además la adopción de un conjunto de factores ( $K_i$ ) para tener en cuenta las particularidades del enclavamiento [2] [3]. Dichos trabajos se centraron en la zona turística de

Maspalomas, en la isla de Gran Canaria, y en ellos se estudió la disposición y aprovechamiento de las superficies captadoras.

Posteriormente, y como siguiente paso en esta línea se amplió el análisis a otras zonas de la isla, con particular incidencia en la zona industrial del este de la misma [3].

Para llevar a cabo este estudio se ha realizado un análisis comparativo entre setenta y cinco modelos distintos de paneles fotovoltaicos aplicando la metodología descrita [2] [3].

En la Tabla 1 se observa la energía específica anual por unidad de potencia pico instalada ( $\text{kW.h/kW}_p$ ) para paneles orientados al sur e inclinados  $25^\circ$  respecto a la horizontal. Se presentan 11 modelos seleccionados de diferentes fabricantes: Astro Power-ATERSA, ASE, BP-Solar, Isofotón, Kyocera, Sharp y Siemens-Shell. Los modelos aparecen simplemente con un número ya que el objetivo del trabajo no es una comparativa comercial.

TABLA 1.- Energía específica anual por unidad de potencia pico instalada, ( $\text{kW.h/kW}_p$ )

Modelo	Las Palmas de G.C.	Pozo Izquierdo	Maspalomas	Mogán	San Nicolás de Tolentino
1	1630	1883	1944	1779	1953
2	1607	1866	1927	1762	1940
3	1660	1910	1966	1806	1978
4	1631	1887	1948	1784	1960
5	1617	1874	1937	1771	1950
6	1626	1881	1941	1779	1954
7	1630	1883	1944	1782	1956
8	1681	1927	1982	1823	1991
9	1674	1927	1986	1820	1995
10	1651	1912	1971	1804	1981
11	1654	1914	1974	1809	1987

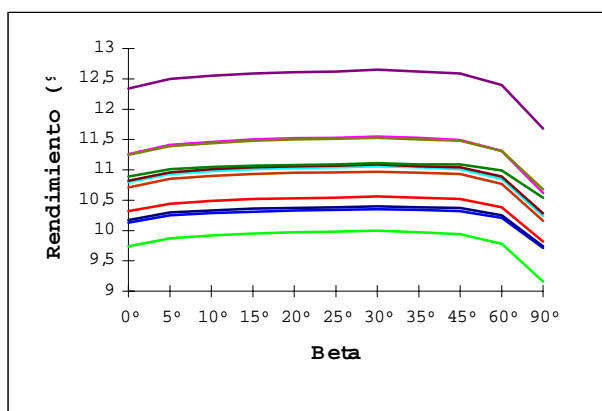


Figura 1.- Rendimiento energético de los módulos seleccionados como representativos ( $\alpha = 0^\circ$ ).

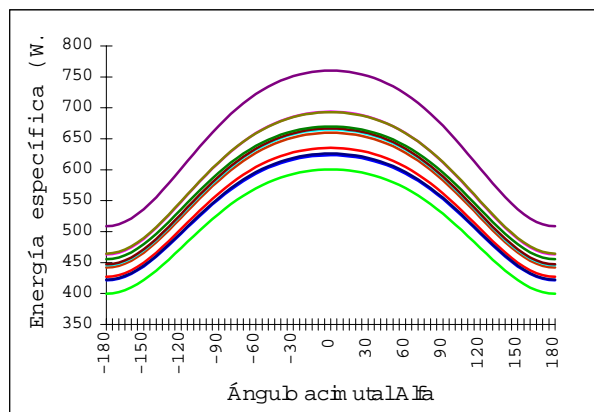


Figura 2.- Media anual de la energía producida por unidad de superficie en cada módulo fotovoltaico, cuando se sitúan inclinados  $25^\circ$  respecto a la horizontal, en la localidad de Pozo Izquierdo.

Los modelos seleccionados lo han sido siguiendo criterios de eficiencia, escogiendo los de comportamiento medio entre los existentes en el mercado, para lograr unos resultados representativos de la situación actual. Puede comprobarse como en cada localidad los resultados obtenidos son bastante homogéneos.

Los resultados de la Tabla 1 son los obtenidos en un módulo, sin considerar la transferencia de la energía a la red de distribución eléctrica. Dependiendo la calidad de fabricación de los módulos fotovoltaicos empleados, de la dispersión de las características eléctricas del campo de generadores instalado, de las pérdidas en los conductores y de la eficiencia de los inversores utilizados, el rendimiento en la transformación puede oscilar entre un 75% de lo indicado teóricamente en la Tabla 1, y más del 90% del mismo, tasa que se obtiene si se aplican las indicaciones de los manuales de características de módulos e inversores.

Lógicamente, si los paneles se disponen en hileras paralelas, los resultados que se obtienen en cada localidad son algo más bajos que los reseñados en la Tabla 1, pero nunca más de un 5% inferiores.

### 3. Incidencia de la generación fotovoltaica en Gran Canaria.

Partiendo de lo expuesto en los dos puntos anteriores, se ha estudiado la generación presente y futura de energía eléctrica de origen no solar, y se ha comparado con la generación solar fotovoltaica.

En este sentido se han analizado diversos escenarios que incluyen la inyección en red de diversos porcentajes de energía eléctrica proveniente de paneles fotovoltaicos e incluso se ha considerado la hipótesis de mejora de la eficiencia de conversión de las células en un futuro no lejano.

Con el fin de intentar reducir tanto la dependencia del petróleo como la contaminación y las emisiones de  $\text{CO}_2$ , el Plan Energético de Canarias PECAN 2002 plantea una serie de estrategias y objetivos a cumplir,

siendo el principal reducir la dependencia del petróleo hasta el 78,7% de la energía primaria consumida en el año 2011.

Teniendo en cuenta lo especificado en dicho Plan, y a partir de las estimaciones llevadas a cabo se obtiene lo siguiente.

TABLA 2.- Escenarios posibles y futuros de instalación masiva comparados con la situación hoy.

	P <sub>p</sub> (kW)	E <sub>anual</sub> (MW.h)	% P <sub>generación</sub>	% E <sub>demandada</sub>
Situación actual	154,4	281,78	0,02 %	0,01 %
Instalación 10% (Posible)	9.035,2	17.352,00	1,14 %	0,59 %
Instalación 100% (Posible)	90.367,2	157.237,00	11,42 %	5,36 %

Si se comparan los supuestos con la situación prevista para el año 2011, cuando la potencia de generación convencional será en Gran Canaria de 1001,9 MW y la demanda anual de 3.780 GW.h, se obtiene la Tabla 3:

TABLA 3.- Escenarios posibles y futuros de instalación masiva comparados con la situación en 2011.

	P <sub>p</sub> (kW)	E <sub>anual</sub> (MW.h)	% P <sub>generación</sub>	% E <sub>demandada</sub>
Situación en 2011	2.849,0	5.199,43	0,28 %	0,14 %
Instalación 10% (Posible)	9.035,2	17.352,00	0,90 %	0,46 %
Instalación 100% (Posible)	90.367,2	157.237,00	9,02 %	4,16 %
Instalación 100% (Futuro)	111.046,4	292.672,00	11,08 %	7,74 %

La importancia del aprovechamiento, cuanto menos en parte, de estos recursos renovables, no es sólo estratégica, sino que se extiende también a una importante contribución al no deterioro medio ambiental de las islas.

Este hecho tiene indirectamente consecuencias económicas dado que Canarias es un Archipiélago con una economía basada principalmente en el turismo.

Así, en cuanto a los beneficios medioambientales, a continuación en la tabla 4 se dan los valores mínimos de combustible ahorrado en las centrales, y toneladas de CO<sub>2</sub> y de SO<sub>2</sub> cuya emisión se evitaría en cada supuesto de instalación.

TABLA 4.- Toneladas mínimas de combustible ahorradas y de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> evitadas en cada supuesto.

	Tep	Tm. Comb.	Tm. CO <sub>2</sub>	Tm. SO <sub>2</sub>
Situación actual	24	70	265	4
Situación en 2011	447	1.295	4.882	75
Instalación 10% (Posible)	1.492	4.321	16.294	252
Instalación 100% (Posible)	13.522	39.152	147.646	2.280
Instalación 100% (Futuro)	25.170	72.875	274.819	4.244

Se ha estudiado la curva de carga de la zona sureste de la isla (Fig. 3). Como se puede apreciar, el pico de la curva de demanda se sitúa al atardecer, cuando la producción fotovoltaica ya decae a valores muy bajos, por lo que la reducción de la demanda en ese momento del día es muy limitada. Sin embargo, el impacto global en las horas centrales del día permite reducir cerca de un 30% la demanda en esas horas, en el caso de suponer una instalación del 50% del potencial, lo cual es un resultado nada desdeñable en términos de ahorro energético en la zona.

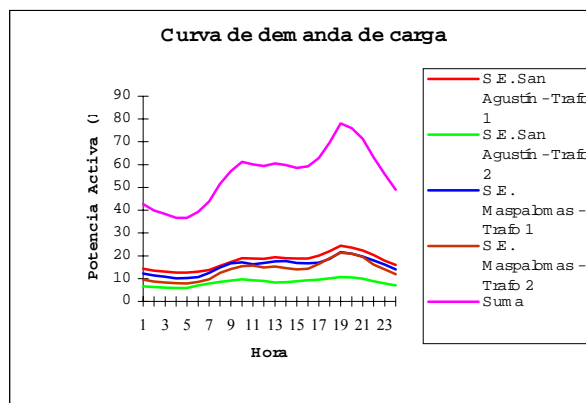


Figura 3.- Curvas de demanda de potencia activa. Sureste de Gran Canaria

Por último se ha revisado, desde una perspectiva económica, la legislación actual, así como el impacto del Real Decreto 436/2004 en la promoción de este tipo de energía en Canarias.

Si se analizan las instalaciones fotovoltaicas desde el punto de vista económico exclusivamente y se les aplican los criterios de rentabilidad más habituales, el resultado es que todas ellas son deficitarias, debido a que el valor de la energía producida, comparado con el coste de la energía de origen convencional, no compensa el coste de las instalaciones. Por ello, la implantación de las instalaciones de generación fotovoltaica depende de ayudas públicas para poder ser llevada a cabo. Sin embargo, el interés social que tiene la reducción de la contaminación y el mayor aprovechamiento de la energía disponible, además de la necesidad de diversificar las fuentes de energía primaria utilizadas, hace que esté justificada la existencia de estas ayudas. Así se establece en el Plan Energético de Canarias PECAN 2002.

En el presente estudio se han analizado varios casos reales consistentes en estudiar las posibilidades de dos tipologías diferentes, turística e industrial, teniendo en cuenta la anterior legislación y el Real Decreto 436/2004. Si en el primer caso siempre se llegó a la conclusión de que por encima de 5 kW la instalación no era rentable, las perspectivas con el nuevo Decreto han cambiado de forma importante.

En las siguientes figuras se presenta una de las tipologías turísticas analizadas (Apartamento tipo B), así como un croquis del complejo turístico estudiado en la

zona de Maspalomas – Playa del Inglés (Sur de la Isla). Las posibilidades económicas, anteriormente escasas y limitadas a pequeñas instalaciones de hasta 5 kWp instalados, cambian al modificarse la legislación.

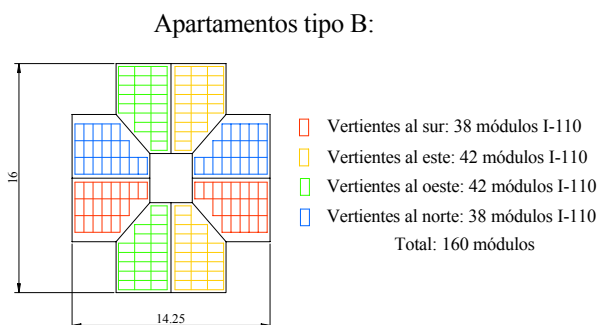


Figura 4.- Cubierta de un apartamento tipo B y distribución de los módulos en ella

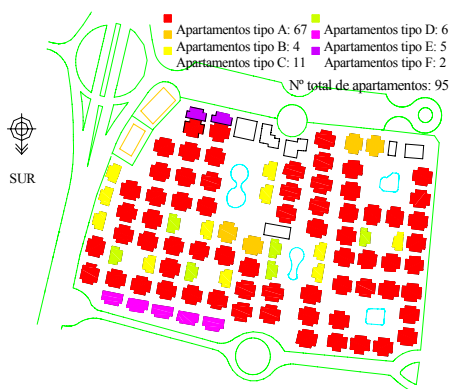


Figura 5.- Croquis del complejo con diferenciación de los diferentes tipos de apartamentos

Tal y como se puede apreciar en la figura 4, la cubierta del ejemplo descrito es a dos aguas por módulo. Esta es una de las tipologías más extendidas en las urbanizaciones turísticas del Archipiélago Canario. Esta disposición presenta algunas ventajas como es el aprovechamiento posible de la casi totalidad de las cubiertas existentes dado que no existe uso previsto para toda esta superficie.

Sin embargo, también presenta inconvenientes como el hecho de que la orientación de las cubiertas, así como su inclinación son valores prefijados sobre los que no tenemos control (al menos en las construcciones existentes), por lo que el aprovechamiento fotovoltaico final queda determinado en parte por esos condicionantes ajenos.

Todo esto ha sido estudiado y tenido en cuenta para estimar la energía obtenible [2] [3].

Así mismo, también se analizó la tipología industrial estudiando edificaciones industriales existentes en el Polígono Industrial de Arinaga, en el sureste de la isla de Gran Canaria. En la figura siguiente se observa la

cubierta de una de las naves. En este caso se dispone de cubierta plana accesible.

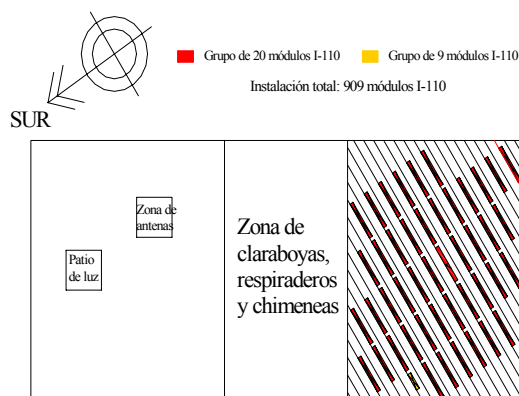


Figura 6.- Instalación fotovoltaica de 99,99 kWp en la cubierta de la nave

En este caso la superficie utilizable ha de tener en cuenta los usos de las diferentes zonas de la cubierta, además de permitir acceso a toda la misma. Por otro lado, es evidente que en este caso sí se podrá elegir tanto inclinación del panel como orientación de los mismos.

Los casos analizados a título de ejemplo práctico nos permiten constatar que la barrera inicial de precios que suponían los 5 kW representaba una pérdida de recursos energéticos fotovoltaicos importantes.

#### 4. Conclusiones

Se ha estudiado el impacto energético y medioambiental de la generación fotovoltaica descentralizada en la zona sureste de la isla de Gran Canaria, concluyendo que este tipo de energía es una alternativa a pequeña escala pero no desdeñable respecto a la generación convencional. El estudio se ha llevado a cabo, por primera vez en la isla, con datos fiables por localidad.

En la Isla de Gran Canaria existe un gran potencial de utilización de la energía solar fotovoltaica, desaprovechado en su práctica totalidad hasta la fecha. Las causas de esta situación están en que las condiciones de desarrollo actual de esta tecnología no han permitido hasta el momento una reducción suficiente del coste de instalación. Éste sigue siendo demasiado elevado como para que los usuarios particulares, que son los agentes que posibilitarían la implantación masiva de esta tecnología de generación eléctrica, puedan permitirse por sí solos su instalación.

Así mismo, también se ha analizado desde una perspectiva económica la legislación vigente sobre producción en régimen especial en España concluyendo el impacto positivo que tiene el Decreto 436/2004 que viene a incentivar realmente la producción fotovoltaica a gran escala según los parámetros aquí estudiados.

## Referencias

- [1] E. Lorenzo. Electricidad Solar. Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos. PROGNSA (1994).
- [2] F. Díaz Reyes et al., "Estimation of Roof Integrated Photovoltaic Potential in Maspalomas (Canary Islands)", in *Proc. 8º Congresso Luso Espanhol de Engenharia Electrotécnica*, Vol. 2, pp. 5.251-5.256. Vilamoura, July 2003.
- [3] F. Díaz Reyes et al. "Roof integrated photovoltaic generation possibilities in Gran Canaria (Canary Islands)". *19th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, pp. 2968-2971. Paris, June 2004.
- [4] D. Anderson, J. Bishop, E. Dunlop. "Energy rating of photovoltaic modules". *16th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, pp. 2087-2091. Glasgow, May 2000.
- [5] Y. Nakamura. "Diffusion of pv system-mounted houses aiming at zero-utility-cost in Japan". *19th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, pp. 2772-2774. Paris, June 2004.