

TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS DE GENERACIÓN: UNA APUESTA DE FUTURO HACIA LA COMPETITIVIDAD.

Ruiz de Andrés D. *, García Carromero. M. *, González López. J.C.**

* Grenergy Renovables. c/Caléndula 93, Miniparc III, Edif.E. Alcobendas 28109 Madrid.
VOX: +34917912929 FAX: +34917912901.

mcarromero@grenergy.es

** CEDINT. Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.Ing. Telecomunicación. Ciudad
Universitaria. Madrid, 28040. Tf/ +34914533568.

jcgonzalez@cedint.upm.es

RESUMEN

En este artículo se describe el análisis realizado por una empresa promotora y constructora de huertas solares con el objetivo de seleccionar la tecnología más apropiada para sus instalaciones. El objetivo es seleccionar la tecnología que ofrezca el kw.h más económico a lo largo de su vida útil. Para hacer esta estimación, se han utilizado los precios actuales del mercado español de las tecnologías de panel de Si, capa fina y concentración, extrapolando los precios de las promociones realizadas, la opinión de expertos sobre diferentes aspectos tecnológicos y finalmente estimaciones sobre la evolución de los indicadores económicos. Como resultado se obtienen diferentes gráficas o mapas de decisión que sirven de guía en la elección del sistema más apropiado y que nos permitirán analizar el posible riesgo al apostar por tecnologías emergentes.

PALABRAS CLAVE: Lámina delgada, Concentración, Tecnologías fotovoltaicas.

ABSTRACT

This paper presents the analysis made by a PV solar energy developer company in order to select the more suitable technology for their installations. The objective is to select the most-economic kw-h technology as a function of its lifespan, and its fix/recurrent costs. The alternatives analysed are mono/poly cristaline, thin film and concentration systems. The actual prices in the Spanish market have been used, according to our experience and other companies of the sector, expert opinions about these technological subjects and several estimations of inflation and interest rates in the medium and long run. The results of the analysis are graphics or decision maps used as guidelnes and trade-offs of the risks and advantages of the new technologies.

KEYWORDS: Thin film, Concentration systems, PV technologies.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocos años, la elección en la compra de paneles y sistemas fotovoltaicos estaba casi exclusivamente determinada por su precio de adquisición, y la calidad y fiabilidad de cada fabricante reconocida en el mercado. Últimamente, nuevas tecnologías han entrado con fuerza en el mercado que van consiguiendo cuotas cada vez más significativas. Capa fina y los sistemas de concentración son los nuevos entrantes en el mercado (Luque y Hegedus, 2005).

No resulta sencillo para un promotor o constructor ajenos a la tecnología determinar cual es la mejor opción. Su vida útil, las dificultades de mantenimiento y la incertidumbre respecto a su funcionamiento son temas claves en la toma de decisiones.

En este artículo, utilizando nuestra experiencia como promotores de instalaciones fotovoltaicas, realizamos una revisión de estos parámetros para elegir la solución más eficaz. El parámetro que tomamos como referencia es el precio del kWh producido a precios actuales teniendo en cuenta todos los costes durante la vida útil de la instalación, es decir, coste de adquisición y todos los costes de mantenimiento.

NUEVAS TECNOLOGÍAS FRENTE A PANELES CLÁSICOS

Aunque el principio de funcionamiento de conversión fotovoltaica es el mismo en las tres tecnologías, los procesos de fabricación e instalación son en muchos aspectos completamente diferentes. Sin embargo el precio global y la garantía ofrecida por los fabricantes son actualmente muy similares (Luque A., 1989, y Bossert et al., 2000). Varias son las cuestiones que nos planteamos a la hora de seleccionar una u otra tecnología, ya que sólo el coste y la garantía no son suficientes:

- Costes reales de operación y mantenimiento en especial para los sistemas de concentración. Actualmente sólo se tiene experiencia con sistemas de panel plano y los sistemas de concentración introducen nuevas dependencias.

- Garantía de producción. Los sistemas convencionales si bien dan garantías superiores a 20 años, la experiencia demuestra que se dobla la vida útil con un funcionamiento adecuado (Green M.A., 2007). En los sistemas noveles, ¿es la garantía una respuesta comercial para competir con los sistemas convencionales o está realmente refrendada por pruebas de envejecimiento acelerado y simulaciones precisas? Esta cuestión se extiende tanto a los paneles de lámina delgada como a los sistemas ópticos y a los sistemas de seguimiento de la concentración.

- ¿Cuál es el coste de verificación del funcionamiento y, sobre todo, de ejecución de garantías en caso de no cumplirse? Este sigue siendo un tema sin respuesta en los sistemas convencionales y para tecnologías que ofrecen más incertidumbre, se hace fundamental responder a este problema.

- Coste de instalación frente a coste llave en mano. Las instalaciones de Si convencional y de lámina delgada, se realizan normalmente por diferentes grupos de trabajos subcontratados por el promotor para optimizar los costes, mientras que las instalaciones de

concentración las realiza de forma integral el mismo fabricante, siendo éste el encargado de subcontratar los servicios que considere, e incluso de realizar su mantenimiento.

- Por último, la eficiencia del módulo y la necesidad de territorio, afectan al coste recurrente de una instalación. ¿Estos elementos seguirán siendo una desventaja en los sistemas hoy noveles?

COSTES ASOCIADOS A UN SISTEMA FV CONECTADO A RED Y DIFERENTES TECNOLOGÍAS

De acuerdo con nuestra experiencia en instalaciones y consultas bibliográficas, se puede desglosar el coste total de un sistema FV en los siguientes apartados (Tabla 1), siendo los más importantes a efectos de comparación, el coste de los paneles, estructuras, obra civil y cableado:

Tabla 1. Ejemplo de coste de instalación y anual en Euros por Wp instalado para los diferentes sistemas de generación.

Coste total de un sistema de menos de 1 MW			
Costes fijos de instalación	Panel clásico	Lámina delgada	Concentración
Paneles	65-70%	50-55%	
Estructuras de fijación y montaje	8-10%	14%-18%	
Zanjas, y otras partidas de obra	3-5%	2-3%	
Cableado, protecciones y medidas	5-10%	6-10%	
Inversores, CT, evacuación y otros	10-15%	10-15%	
TOTAL	100%	92%	140%
Costes anuales (Referenciado al valor de adquisición del panel plano)			
Seguros, comunicaciones, contabilidad	0,5%	0,5%	0,5%
Alquiler terreno	0,12-0,4%	0,12-0,5%	0,4-0,8%
Mantenimiento correctivo y preventivo	0,5-0,8%	0,5-1%	1-1,5%

**Costes referenciados al coste de adquisición de los sistemas de Si

- Costes de operación y mantenimiento para paneles planos. Si bien tradicionalmente se les conoce por sistemas de bajo coste de mantenimiento, la realidad es que el mantenimiento preventivo, de los inversores, coste de repuestos, etc. hacen que supere el 0,5% del valor de adquisición del sistema, valor que aumenta con el IPC. Las averías además se concentran en dos periodos: puesta en marcha y a partir de los 10-15 años de funcionamiento.

- Costes de O&M para sistemas de concentración. Para estos últimos, según las consultas realizadas, este coste se incrementa como mínimo un 40% respecto al panel plano debido fundamentalmente a los seguidores e inversores especializados.

- Garantía. La gran mayoría de los fabricantes de paneles dan una garantía de producto de 5 años, una eficiencia 90% de la inicial durante los 10-12 primeros años y 80% desde los 10-12 iniciales a 25 años. El coste de verificación en instalaciones clásicas, debido a la alta fiabilidad de estas instalaciones, ha sido hasta ahora despreciable, sin embargo la introducción de fabricantes noveles ha hecho que se multipliquen las verificaciones antes

de realizar la instalación. Eso aplica a las nuevas tecnologías de forma especial como es el caso de la concentración. Sin embargo el aspecto más crítico son las pruebas para ejecutar las garantías una vez la instalación ha comenzado a producir. Los costes se pueden multiplicar hasta 10 veces el coste de verificación inicial al producirse en una instalación "viva".

- Coste de instalación vs. coste llave en mano en sistemas convencionales. Estimamos que en media un 10% de la instalación se puede considerar coste de mano de obra, con una horquilla entre el 8% y un 15%. De la misma manera, el precio de la estructura fija varía en función de los materiales, tipo de hincado (directo o con zapata/bordillo), y tipo de panel (relación Wp/m²) y se sitúa entre el 5% y el 12%, por lo que el total del coste de construcción de la huerta sólo por estos conceptos se mueve en una horquilla de hasta un 15%. Si el proyecto se contrata como un proyecto llave en mano, ese margen se reduce a un 8-10%.

- Costes de instalación vs. llave en mano para sistemas de concentración. En esta tecnología prima el sistema llave en mano, debido a los problemas de interoperabilidad entre paneles, seguidores e inversores.

- Vida estimada de las instalaciones FV convencionales. Ya hemos indicado en este artículo que vidas útiles de 30-40 años son perfectamente normales en estos sistemas.

- Vida estimada de las instalaciones de lámina delgada. Esta tecnología ofrece más incertidumbre respecto al tiempo de vida de los paneles, al no existir experiencia de campo sobre degradación a largo plazo. Existen muchos estudios y pruebas de exposición acelerada para intentar dar respuesta a esta incógnita (Grenn M.A., 2007 y Gregg A. et al., 2005). Para los paneles que están hoy día disponibles todas estas pruebas dan como resultado una degradación más reducida que la indicada en la garantía de producción a 25 años. Sin embargo se debe seguir investigando para establecer con certidumbre vidas superiores a 25 años sin riesgo.

- Vida estimada de los inversores y elementos de fuerza. Los componentes de los equipos de fuerza, (p.e.: los condensadores), son los componentes con MTBF más bajos del sistema. 10-15 años son cifras bastantes razonables. Esto afecta a todos los sistemas, y en particular a los de intemperie que son los que viven en condiciones más extremas. La construcción modular de estos equipos es crítica para reducir el efecto de las averías y aumentar su vida útil.

- Vida estimada para sistemas de concentración. Los fabricantes ofrecen las mismas garantías de funcionamiento que los paneles planos. Para conocer la probabilidad de que esta garantía se cumpla, hemos estudiado las diferentes partes del sistema concentrador utilizado:

. Espejos colectores. Los datos experimentales de que disponemos, hablan de una vida media de 10 años sin degradación. Tiempos superiores implicarán degradaciones más significativas (Kennedy C.E. y Terwilliger K., 2005).

. Materiales dieléctricos plásticos (lentes de Fresnel). No hemos encontrado referencias con una solución definitiva al problema de degradación por radiación UV. Para tener todas las garantías, estableceríamos una vida útil de 15 años (Araki K. et al.).

. Célula solar. Si bien están sometidas a situaciones de temperatura extrema, su proceso de fabricación diferenciado permite suponer vidas útiles similares a los sistemas convencionales.

. Estructura de seguimiento. No disponemos de experiencia a largo plazo sobre estos equipos, pero las garantías de fabricación ofrecidas por algunos fabricantes de seguidores de panel plano ya llegan a los 10-15 años y cada vez se simplifica más su construcción y recuperación frente a averías.

. El proceso de ensamblaje entre las partes del sistema óptico, la célula y disipador es muy delicado y se hace en fábrica. Esto quiere decir que si algún elemento falla, es necesario cambiar todo el concentrador y probablemente todo el módulo. En algunos casos eso significa cambiar de golpe entre 5-35kw de una instalación.

Con estos datos creemos que durante la vida de 25 años mínima estimada va a ser necesaria la renovación de parte de los componentes y tenemos dudas de que los sistemas funcionen adecuadamente más allá de la garantía ofrecida. De hecho, algunos proyectos I+D en concentración tienen como objetivo fundamental conseguir vidas medias de más de 25 años (doe).

ESTIMACIÓN DEL PRECIO DEL kWh GENERADO

Debido al gran número de variables que entran en juego, hemos utilizado unos valores medios de los costes de cada tecnología para calcular el valor del kWh

Respecto a los valores de producción hemos tomado un valor medio de producción en España (1500Kwh/Kwp), con una radiación directa del 80-85% para el caso de los sistemas de concentración, y un valor medio de construcción de los sistemas implicados.

Ejemplo 1.

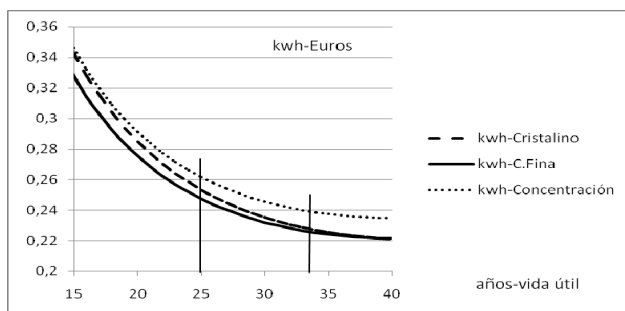


Fig.1. Precio del kWh inflación= 3% y un tipo de interés= 4,5%

Ejemplo 2.

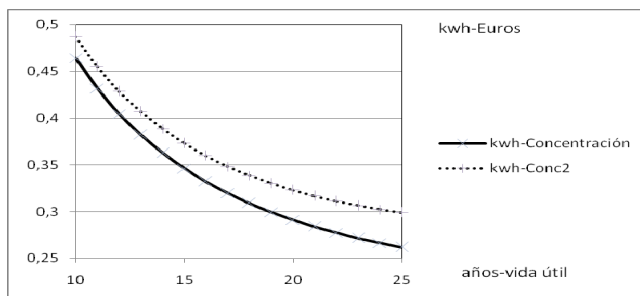


Fig.1. Precio del kWh producido por un sistema de concentración para diferentes costes anuales y crecimiento anual.

CONCLUSIONES

Los costes fijos de las tecnologías noveles no son significativos para tomar una decisión de adquisición a no ser que la vida útil de estas tecnologías sea similar a la de los sistemas convencionales, La duda es si serán capaces de llegar a los 40 años de estas tecnologías. Mientras ello se produce, su precio de venta deberá reducirse entre un 5-10% respecto al precio actual para evitar incertidumbres a largo plazo.

Otro aspecto significativo son los costes de mantenimiento. En la capa fina y los paneles de Si hay que reducir los costes de verificación de las garantías, y en la concentración, además el mantenimiento. Se debe mejorar la monitorización remota y las visitas preventivas para evitar averías y reducir el coste de mantenimiento al menos en un 20% en el caso de los sistemas de concentración. Con estas medidas, aunque los sistemas de concentración no sean capaces de llegar a los 40 años de los convencionales, serán una solución competitiva.

Otras partidas que deben reducirse para que la tecnología solar sea competitiva con otros sistemas convencionales son los seguros y el alquiler de terrenos. Los primeros no bajan de precio pese a incrementar los sistemas de seguridad y vigilancia, y los segundos han sufrido incrementos insospechados en los últimos tiempos. Reducir los costes de seguros en un 20% y rehabilitar terrenos industriales improductivos son medidas que ayudarán a llegar a la competitividad.

La energía solar es la solución más dinámica desde el punto de vista de reducción de costes, 4 o 5 veces más dinámicas que la energía de cogeneración o eólica. Las nuevas tecnologías son fundamentales para mantener la tendencia de la curva de reducción de costes y el aumento de base instalada, la forma de consolidarse. Es necesario que la industria y la investigación vayan de la mano para materializar estos logros.

BIBLIOGRAFÍA.

- Antonio Luque and Steven Hegedus (2005). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. First edition. John Wiley and Sons. England.
- Antonio Luque. (1989). *Solar cell and optics for photovoltaic concentration*. Adan Hilger Series in Optical and Optoelectronics.
- R.H. Bossert, C.J.J.Tool, J.A.M. van Roosmalen, C.H.M. Wentink, M.J.M. de Vaan. (2000) Thin-film solar cells. Technology evaluation and perspectives. *Netherlands Agency for Energy and the Enviroment*.
- Martin A. Grenn. (2007). Thin-film solar cells: review of material, technologies and commercial status. *J. Mater. Sci: Mater Electron (2007) 18:S15-S19*.
- Allan Gregg, Richard Blieden, Alen Chang and Herman Ng. (2005), Performance analysis of large scale, amorphous silicon photovoltaic power systems. *Institute of Electrical and Electronic Engineers, Junary 3-7. Florida*
- C.E.Kennedy, K.Terwilliger,2005.Optical Durability of Candidate Solar Reflectors. *Transactions of the ASME. Vol.127, May 2005*
- Kenji Araki, Hisafumi Uozumi, Michi Kondo. Development of a new 550X concentrator module with 3J cells_Performance and realiability_.
<http://www.doe.gov/media/SolarAmericaFactSheetFinal.pdf>