

La energía solar termoeléctrica como factor de desarrollo en Andalucía

José Manuel Cansino Muñoz – Repiso
Universidad de Sevilla
jmcansino@us.es

Manuel Alejandro Cardenete Flores
Universidad Pablo de Olavide
macardenete@upo.es

José Manuel González Limón
Universidad de Sevilla
limon@us.es

María del Pópulo Pablo – Romero Gil – Delgado
Universidad de Sevilla
mpablrom@us.es

RESUMEN

La energía solar termoeléctrica es un tipo de energía renovable de interés especial para Andalucía tanto por las horas de sol de esta región como por los costes de producción por kw/h, especialmente reducidos en comparación con otras energías renovables con implantación en el mercado.

A partir de dos centrales tipo y mediante un Modelo de Equilibrio General basado en la Matriz de Contabilidad Social para Andalucía, 2008, este *paper* estima el impacto sectorial de esta tecnología sobre la hipótesis de alcanzar el objetivo fijado en el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética (PASENER) 2007-2013.

Para el caso de centrales con tecnología de cilindro parabólico, el efecto total sobre los sectores económicos considerados sería de un aumento del 30.81 %, mientras que para centrales con tecnología de torre el aumento sería del 4.57 % para el total de vida útil de las plantas tipo.

Palabras clave: energías renovables, solar termoeléctrica, Modelo de Equilibrio General, Matriz de Contabilidad Social, Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética.

1. Introducción y objetivos
2. Modelo y datos
3. Resultados
4. Conclusiones
5. Referencias utilizadas

1. Introducción y objetivos

La puesta en funcionamiento de una planta de producción energética supone un impacto directo en la demanda asociada a contratación de los *inputs* necesarios para su construcción primero y funcionamiento, después.

En este artículo se analiza en concreto, la tecnología solar termoeléctrica. Para ello se consideran los costes de inversión y de operación y mantenimiento (O & M) de una planta tipo.

Para establecer su grado de implantación se ha considerado lo establecido en el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER).

La Tabla 1 resume para la energía termoeléctrica el incremento en la capacidad necesaria alcanzar estos objetivos.

26

Tabla 1: Capacidad instalada para la energía termoeléctrica tecnología en 2007 y objetivos fijados en el PASENER

	Ud	Capacidad instalada 2007	Objetivos PASENER 2013	Δ 2007-2013
Solar termoeléctrica	MW	11	800	789

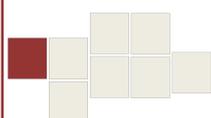
Fuente: Agencia Andaluza de la Energía. Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo - Romero, 2009.

2. Modelo y datos

2.1 El modelo

Las Matrices de Contabilidad Social (MCS) poseen dos características básicas que las hacen atractivas como bases de datos: su carácter descriptivo y analítico.

Por un lado, una MCS contiene un elevado grado de detalle informativo en cuanto a transacciones y flujos bilaterales, lo que permite visualizar, en primera instancia, la red de interconexiones directas entre sus cuentas ofreciendo una radiografía o imagen estática de la economía. Por otro lado, y tras incorporar supuestos de conducta y de estructura de los agentes económicos y su entorno, la estructura de una MCS se convierte en el soporte numérico que permite desarrollar modelos multisectoriales



como el modelos de equilibrio general aplicado o computables (MEGA)¹ que aquí se ha desarrollado.

La base de datos utilizada para este trabajo ha sido la MCS realizada para Andalucía² a partir del Marco Input-Output de 2000, como fuente de información básica³. Esta Matriz ha sido actualizada para el año 2008, por lo que nos referiremos a ella como MCSAND08.

Todas las cifras están expresadas en valores de 2008.

En cuanto al grado de desagregación de los sectores de la MCSAND08, posee 39 x 39 sectores, donde se describen los flujos realizados en la economía andaluza para el año 2000.

Los sectores productivos se han reducido a 27 (cuentas de la 1 a la 27); dos factores productivos Trabajo y Capital (cuentas 28 y 29, respectivamente); la cuenta de Ahorro/Inversión (cuenta 31); los sectores institucionales: la Administración Pública (cuenta 38); el Consumo (cuenta 30) y los diferentes impuestos: indirectos, Cotizaciones Sociales de los Empleadores, Impuestos Netos sobre la Producción, Tarifas e Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA); y directos, Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y Cotizaciones Sociales de los Empleados (de la cuenta 32 a la 37); y, por último, el Sector Exterior (cuenta 39).

Las dos primeras columnas de la Tabla 6 detallan los sectores productivos considerados en el modelo.

El modelo incluye un conjunto de ecuaciones que reflejan las condiciones de equilibrio y el comportamiento de los diferentes agentes económicos –productores, consumidores, sector público y sector exterior-.

En esta subsección, el artículo presenta un análisis detallado de cada sector o agente (apartados 2.1.1 a 2.1.4), incluyendo algunas observaciones en relación con el mercado de trabajo (apartado 2.1.5) y la noción de equilibrio utilizada (apartado 2.1.6)⁴.

2.1.1 Producción

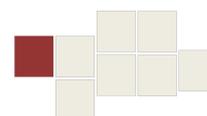
El modelo para la economía andaluza incorpora 27 sectores productivos. Se asume que cada sector genera un producto homogéneo según una función de producción

¹Véase para un repaso de todos estos modelos Shoven y Whalley (1992).

² Para un mayor detalle de esta base de datos, véase Cardenete y Sancho (2003).

³ Las principales fuentes estadísticas utilizadas han sido: las citadas Tablas Input-Output de Andalucía de 1995 (TIOAND-95), del Instituto de Estadística de Andalucía; la Contabilidad Regional de Andalucía de 1995 (CRA-95), del Instituto de Estadística de Andalucía, Base de Datos TEMPUS (BDT-95), del Instituto Nacional de Estadística, la Contabilidad Regional de España de 1995, Base 1986 (CRE-95), del Instituto Nacional de Estadística, Tabla Input-Output de España de 1994 (TIOESP-94), del Instituto Nacional de Estadística y la Matriz de Contabilidad Social de 1990 (SAMAND90), realizada por Cardenete (1998).

⁴ Se muestran en el artículo las principales ecuaciones del modelo.



anidada. En el primer nivel de anidamiento, siguiendo la hipótesis de Armington, la producción total de cada sector (Q_j) se obtiene de una función tipo Cobb-Douglas agregada que incluye la producción interior (Qd_j) y las importaciones (Qm_j). En el segundo nivel, la producción interior para cada sector se obtiene con una tecnología con coeficientes constantes que relaciona los (X_{ij}) y el valor añadido (VA_j). Finalmente, en el tercer nivel, el valor añadido de cada sector se obtiene mediante la combinación de los factores primarios, capital (K_j) y trabajo (L_j), de acuerdo con una función con tecnología Cobb-Douglas. Las expresiones utilizadas en estos tres niveles están dadas por (1), (2) y (3) respectivamente:

$$Q_j = \beta_{Aj} Qd_j^{\delta d_j} Qm_j^{1-\delta d_j} \quad (1)$$

$$Qd_j = \min \left\{ \frac{X_{1j}}{a_{1j}}, \frac{X_{2j}}{a_{2j}}, \dots, \frac{X_{16j}}{a_{16j}}, \frac{VA_j}{v_j} \right\} \quad (2)$$

$$VA_j = \beta_j K_j^{\alpha_j} L_j^{1-\alpha_j}, \quad j = 1, 2, \dots, 16 \quad (3)$$

En estas expresiones, β_{Aj} y β_j son parámetros escalares; δd_j son parámetros que reflejan la participación de la producción interior de j en la producción total de j ; los parámetros a_{zj} expresan la cantidad mínima de z necesaria para obtener una unidad de j ; v_j es el coeficiente técnico del valor añadido; y, finalmente, α_j y $(1-\alpha_j)$ son parámetros que representan la participación de los factores primarios, capital y trabajo, con respecto al valor añadido.

Por último, se supone que las empresas obtienen sus funciones de demanda de inputs y oferta de outputs mediante la maximización del beneficio sujetas a las restricciones tecnológicas.

2.1.2 Consumo

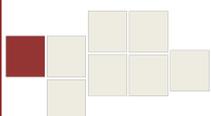
El modelo considera un único consumidor representativo. La función de utilidad considerada es del tipo Cobb-Douglas (U), y queda definida en términos de ahorro y consumo:

$$U = \sum_{h=1}^{27} \gamma_h \ln C_h + \gamma_s \ln S \quad (4)$$

En (4), los parámetros γ_h y γ_s reflejan la parte de la renta disponible destinada a los bienes de consume h y/o para el ahorro privado. S representa el ahorro y C_h expresa el consume privado del bien h .

La desigualdad (5) muestra la restricción presupuestaria para el consumidor representativo⁵:

⁵ Debido a la forma de la función de utilidad del consumidor-monótonamente creciente- esta débil desigualdad debe ser considerada como una igualdad en el equilibrio. El mismo comentario es válida para la expresión (8)-restricción presupuestaria.



$$\sum_{h=1}^{27} p_h (1 + vat_h) C_h + p_i S = \sum_{h=1}^{27} p_h^F C_h + p_i S \leq YD \quad (5)$$

La suma del lado izquierdo de la desigualdad es el gasto final en bienes de consumo. El parámetro vat_h es el tipo del impuesto sobre el valor añadido para el bien h , y p_h^F es su precio final para el consumo, impuestos incluidos. El ahorro privado está también incluido en la expresión, valorándose a precios de ahorro/inversión, p_i .

El lado derecho de la desigualdad (5) muestra la renta disponible, YD . Esta renta procede del alquiler de los bienes de capital (K) y del trabajo (L), a los precios r y w respectivamente. Adicionalmente, las familias reciben transferencias del sector público, (TPS), indicadas por el IPC (cpi), y reciben transferencias del sector exterior (TFS), aunque su importancia cuantitativa total es mínima. Finalmente, las familias tienen que pagar las contribuciones a la Seguridad Social y el impuesto sobre la renta, cuyos tipos impositivos son ess y τ , respectivamente.

Por tanto, la renta disponible del único consumidor representativo⁶ está dada por (6):

$$YD = (1 - \tau) [rK + wL(1 - u) + cpi TPS + TFS - ess wL(1 - u)] \quad (6)$$

El consumidor representativo deriva su función de demanda de consumo mediante la maximización de su función de utilidad sujeta a la restricción presupuestaria representada por (5).

2.1.3 Sector Público

La actividad del Sector Público consiste, por otra parte, en la provisión de servicios públicos, mediante el uso de tecnología de “Servicios no destinados a la venta” (j_{16}), mientras, por otra parte, en la demanda de bienes (consumo público, $C_{j_{16}}^G$) y bienes de inversión (C_i^G). En este sentido, este agente puede ser considerado como maximizador de una función de utilidad de Leontief (U^G), definida por (7):

$$U^G = \min \{C_{j_{16}}^G, \gamma^G C_i^G\} \quad (7)$$

donde γ^G es un parámetro de la política económica que refleja la existencia de una proporción fija entre el consumo y la inversión públicos.

La restricción presupuestaria que el sector público afronta puede expresarse por la desigualdad (8):

$$p_{j_{16}} C_{j_{16}}^G + p_i C_i^G \leq R^G + p_i w_i^G - cpi TPS \quad (8)$$

⁶ Como se comentará más adelante, u es una variable endógena que refleja el nivel de desempleo.



El lado izquierdo de la desigualdad refleja el gasto público en consume e inversión. En el lado derecho, los ingresos impositivos son (R^G), de los cuales deben sustraerse las transferencias pagadas a las familias. w_i^G representa el stock de deuda que el gobierno genera cuando entra en déficit. El resto de los sectores podrían comprar esta deuda al mismo precio que los precios del ahorro/inversión, p_i .

Con respecto a los ingresos impositivos totales R^G , el modelo incluye impuestos netos sobre la producción, contribuciones empresariales a la Seguridad Social, contribuciones de los empleados, impuestos sobre las importaciones y el impuesto sobre el valor añadido. Los componentes de la recaudación impositiva (a) a (f) están especificados en las expresiones (9) a (14) respectivamente:

a) Impuestos sobre la producción (Rt):

$$Rt = \sum_{j=1}^{16} t_j \left[\sum_{z=1}^{16} p_z X_{zj} + w(1 + esc_j)L_j + rK_j \right] \quad (9)$$

La expresión anterior implica que la producción interior de cada sector está sujeta a un impuesto al tipo t_j . El precio de producción para el sector z es p_z . Finalmente, esc_j establece el tipo de las contribuciones a la Seguridad Social de las empresas.

b) Contribuciones a la Seguridad Social de los trabajadores ($Resc$):

$$Resc = \sum_{j=1}^{16} esc_j w L_j \quad (10)$$

c) Impuestos sobre las importaciones ($Rtarif$):

$$Rtarif = \sum_{j=1}^{16} tarif_j p_m Qm_j \quad (11)$$

$tarif_j$ es el tipo impositivo arancelario para el sector j , mientras que p_m es el índice de precios ponderado de los productos importados la ponderación.

d) Impuesto sobre el Valor Añadido ($Rvat$):

$$Rvat = \sum_{h=1}^9 vat_h p_h C_h \quad (12)$$

e) Contribuciones de los trabajadores a la Seguridad Social (Res):

$$Res = ess w L(1 - u) \quad (13)$$

f) Impuesto sobre la renta ($R\tau$):

$$R\tau = \tau [rK + wL(1 - u) + cpi TPS + TFS - ess wL(1 - u)] \quad (14)$$

Las ecuaciones (9) a (14) muestran los impuestos incluidos en el modelo de referencia.

2.1.4 Sector exterior

El modelo considera un único sector exterior que incluye al resto de España, a la Unión Europea y al resto del mundo

$$ROWD = \sum_{j=1}^{27} rowp IMP_j - \sum_{h=1}^1 TROW_h - \sum_{j=1}^{27} rowp EXP_j \quad (15)$$

donde IMP_j representará las importaciones de productos extranjeros del sector j , EXP_j las exportaciones de productos del sector j y $TROW_h$ las transferencias procedentes del exterior para los consumidores h . El déficit o superávit del sector exterior vendrá dado por $ROWD$.

2.1.5 Mercado de trabajo

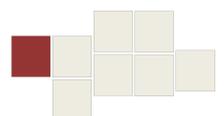
Las funciones de demanda de capital y trabajo se obtienen minimizando el coste de obtener el valor añadido. Para el factor capital, se supone que la oferta es perfectamente inelástica y, por tanto, el factor está siempre plenamente ocupado. No obstante, el modelo permite rigideces en el mercado de trabajo por lo que el desempleo es posible. Más específicamente, se considera la (17) entre el salario real y el nivel de desempleo:

$$\left(\frac{w}{cpi} \right) = \left(\frac{1-u}{1-u_0} \right)^{1/\beta_d} \quad (16)$$

Esta formulación del Mercado de trabajo en la modelización de los MEGA's se debe a Kehoe *et al.* (1995), siguiendo lo establecido por Oswald (1982). La variable (w/cpi) representa el salario real; u es el nivel de desempleo; u_0 es un parámetro que refleja el nivel de desempleo en el equilibrio inicial; y β_d es un parámetro que expresa la sensibilidad del salario real al nivel de desempleo.

Este último parámetro puede tomar valores entre cero e infinito. Si $\beta_d = 0$, el salario real se ajustará suficientemente de forma que el desempleo permanecerá constante e igual al del equilibrio inicial. Si $\beta_d = \infty$, la situación es exactamente la opuesta, esto significa que el salario real permanece constante y el nivel de desempleo varía. Para valores intermedios, los mayores valores del parámetro representarán una mayor rigidez del salario. En otras palabras, la sensibilidad del salario real al nivel de desempleo, disminuye.

En las simulaciones que se han llevado a cabo, los cálculos se han realizado para diferentes valores de este parámetro. Específicamente, los valores extremos $\beta_d = 0$ y $\beta_d = \infty$ han sido utilizados, así como otro valor respaldado por la literatura econométrica ($\beta_d = 1.25$, ver Andrés *et al.*, 1990).



2.1.6 Equilibrio

La noción de equilibrio que utiliza el modelo es el de equilibrio competitivo walrasiano, ampliado para incluir no sólo productores y consumidores, sino también al sector público y al sector exterior (ver, por ejemplo, Shoven y Whalley, 1992). Específicamente, el equilibrio económico se determina por un vector de precios, un vector de niveles de actividad, y un conjunto de macro variables de forma tal que la oferta iguala a la demanda en todos los mercados, con la única excepción del mercado de trabajo, como se ha mencionado anteriormente. Más ampliamente, cada uno de los agentes económicos incluidos en el modelo realiza sus elecciones óptimas bajo sus respectivas restricciones, *i.e.*, los agentes desarrollan sus soluciones óptimas de equilibrio.

La demanda final incluye varios sectores. Por un lado, los sectores de demanda no consumida, la inversión y las exportaciones; y por otro lado, la demanda de bienes de consumo de las familias. En nuestro caso contaremos con veintisiete tipos de bienes – identificados con los sectores productivos– y un consumidor representativo. Cada consumidor demandará bienes de consumo presente. El resto de su renta disponible constituye su ahorro. Las compras del consumidor representativo se financian, principalmente, con los ingresos derivados de la venta de sus dotaciones iniciales de factores. Todo se resume en (3):

$$\begin{aligned}
 YDISP_h &= \text{Renta Bruta} - \text{Total de Impuestos Directos} \\
 YDISP_h &= w L_h + r K_h + cpi TPS_h + TROW_h - DT_h (r K_h + cpi TPS_h + TROW_h) \\
 &\quad - DT_h (w L_h - WC_h w L_h) - WC_h w L_h
 \end{aligned} \tag{17}$$

donde w y r serán los precios de los factores trabajo y capital respectivamente y cpi será un índice de precios al consumo. Por lo tanto, cada consumidor estará maximizando la utilidad que le reportan los bienes de consumo CD_{jh} y de ahorro SD_h sujeto a la restricción presupuestaria de su renta disponible.

$$\begin{aligned}
 \text{maximizar} \quad & U_h(CD_{jh}, SD_h) = \left(\prod_{j=1}^{27} CD_{jh}^{\alpha_{jh}} \right) SD_h^{\beta_h} \\
 \text{s.a.} \quad & p_j CD_{jh} + invp SD_h = YDISP_h
 \end{aligned} \tag{18}$$

Con respecto a la inversión y el ahorro, importa comentar que éste es un modelo de los denominados *saving driven model*, ésto es, la ecuación de cierre del modelo se define de tal forma que la inversión es exógena, permitiendo al ahorro que se defina a partir de la función de utilidad de los consumidores que siguen una tecnología de Cobb-Douglas en su elección y dejando que los déficits, tanto los del sector público como los del sector exterior, se determinen endógenamente:

$$\sum_{j=1}^{27} INV_j pinv = \sum_{h=1}^1 SD_h pinv + PD + ROWD \tag{19}$$

Finalmente decir que consideraremos pleno uso de los factores, tanto trabajo como capital. Además, los niveles de actividad del gobierno y de los sectores exteriores serán fijos, permitiendo que funcionen como variables endógenas los precios relativos, los niveles de actividad de los sectores productivos y los déficits públicos y exterior, como acabamos de explicar.

Con esto, el equilibrio será un estado de la economía en el que los consumidores maximizarán su utilidad, los sectores productivos maximizarán sus beneficios netos de impuestos y los ingresos del sector público coincidirán con los pagos de los diferentes agentes económicos. En este equilibrio, las cantidades ofrecidas serán iguales a las demandadas en todos los mercados.

Formalmente, el modelo reproducirá un estado de equilibrio de la economía andaluza donde las funciones de oferta y demanda de todos los bienes se obtendrán como la solución de los problemas de maximización de utilidad y beneficios. El resultado será un vector de precios de bienes y de factores, de niveles de actividad y de recaudaciones impositivas tales, que satisfagan las condiciones anteriormente descritas.

Siguiendo estas especificaciones, se reproducen los datos registrados en la MCS como un equilibrio microeconómico de referencia *-benchmark equilibrium-* en el que todos los precios (endógenos y exógenos) tienen nivel unitario en el momento inicial. A partir de ahí introduciremos el incremento en la demanda de cada sector asociado al logro del objetivo PASENER provocando un *shock exógeno*, pudiéndose posteriormente evaluar los cambios comparando el nuevo equilibrio alcanzado con la situación original. Este modelo se ha implementado a través del programa GAMS (Brooke, Kendrick y Meeraus, 1998) utilizando como “solver” MINOS.

2.2 Los datos

En el caso de la energía solar termoeléctrica, tanto las tecnologías consideradas como los datos de coste, se han extraído de Caldés et al. (2009).

En el trabajo citado se consideran dos tecnologías; la de cilindro parabólico y la de torre. El nivel de penetración en el mercado de una y otra tecnología es diferente, siendo del 80 % para la primera y del 20 % para la segunda.

En este artículo se asume la hipótesis de que el logro del objetivo del PASENER se alcanzará empleando una y otra tecnología en los porcentajes expresados.

Dado que los sectores económicos que se consideran en el trabajo de Caldés et al. (2009) son menores que los considerados en este estudio, se ha procedido a una desagregación de los mismos en los 27 sectores productivos que aquí se consideran.

Las Tablas 2, 3, 4 y 5 detallan los costes de inversión (Tablas 2 y 4) y de operación y mantenimiento (O & M) (Tablas 3 y 5) asociados a la planta tipo. Los costes de O & M se mantienen durante todo el periodo de vida útil mientras que los primeros sólo durante el periodo de construcción de la planta.

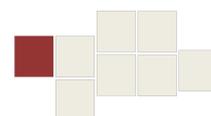


Tabla 2: Costes de inversión de una planta solar termoeléctrica de cilindro parabólico

Concepto	I	II (I/TOTAL)	III	IV (100%- III)	Interior (€)
	Inversión (€)	% Inversión	% Importac.	% Interior	
Campo Solar	123.487.000	46,45%	32,46	67,54	83.403.119,80
Instalaciones de generación Energética	55.690.000	20,95%	40,15	59,85	33.330.465,00
Terrenos	1.211.000	0,46%	0,00	100,00	1.211.000,00
Almacenamiento	33.187.000	12,48%	40,22	59,78	19.839.188,60
Construcción	26.584.000	10,00%	0,00	100,00	26.584.000,00
Ingeniería	12.839.000	4,83%	0,00	100,00	12.839.000,00
Contingencias	12.839.000	4,83%	0,00	100,00	12.839.000,00
Total	265.837.000	100,00%	28,51	71,49	190.046.871,30

Fuente: Caldés et al., 2009. Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.

Tabla 3: Costes de operación y mantenimiento (O & M) de una planta solar termoeléctrica de cilindro parabólico

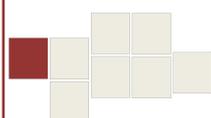
Costes O&M	Coste anual	% Costes	Costes totales
Gastos Fijos	1.292.000	10,50%	25.250.000
Mantenimiento	2.761.000	22,45%	53.958.000
Financiación	5.432.000	44,16%	106.158.000
Gas Natural	1.563.000	12,71%	30.546.000
Electricidad	1.252.000	10,18%	24.468.000
Total	12.300.000	100,00%	240.380.000

Fuente: Caldés et al., 2009. Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.

Tabla 4: Costes de Inversión de una Planta Solar Termoeléctrica de Torre de 17 Mw

Concepto	I	II (I/TOTAL)	III	IV (100%- III)	Interior (€)
	Inversión (€)	% Inversión	% Importac.	% Interior	
Campo Solar	62.384.000	42,43%	30,89	69,11	43.113.582,40
Torre	23.753.000	16,16%	0,00	100,00	23.753.000,00
Instalaciones de generación Energética	29.686.000	20,19%	37,75	62,25	18.479.535,00
Terrenos	1.423.000	0,97%	0,00	100,00	1.423.000,00
Almacenamiento	9.412.000	6,40%	34,45	65,55	6.169.566,00
Construcción	9.414.000	6,40%	0,00	100,00	9.414.000,00
Ingeniería	5.472.000	3,72%	0,00	100,00	5.472.000,00
Contingencias	5.472.000	3,72%	0,00	100,00	5.472.000,00
Total	147.016.000	100,00%	23,00	77,00	113.296.683,40

Fuente: Caldés et al., 2009. Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.



Costes O&M	Coste anual	% Costes	Costes totales
Gastos Fijos	1.292.000	18,06%	25.250.000
Mantenimiento	1.455.000	20,34%	28.435.000
Financiación	2.812.000	39,31%	54.955.000
Gas Natural	771.000	10,78%	15.068.000
Electricidad	824.000	11,52%	16.103.000
Total	7.154.000	100,00%	139.811.000

Fuente: Caldés et al., 2009. Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.

3. Resultados

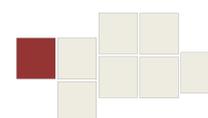
A partir del MEGA descrito anteriormente, y construido sobre la base de la MCSAND00 actualizada para 2008, en este apartado se recoge la valoración del incremento productivo por sectores que supone la inversión y el funcionamiento de las plantas de energía solar termoeléctricas necesarias para el cumplimiento de los objetivos fijados en el PASENER.

Para alcanzar esa capacidad productiva, se asume la hipótesis de Caldés et al. (2009), y se utilizan dos tipos de tecnologías -cilíndrico parabólico y torre- con un nivel de penetración en el mercado del 80 y el 20 por ciento, respectivamente.

Utilizando estas tecnologías en esa proporción, la tabla 6 muestra que si los objetivos fijados en el plan PASENER se alcanzasen plenamente, se originaría un incremento de la producción del 35,37 por ciento a lo largo de un periodo temporal coincidente con el de la vida útil de una planta tipo, esto es, de 30 años; debido tanto a las inversiones necesarias para instalar las nuevas plantas como al funcionamiento de las plantas durante su vida útil.

Atendiendo a la división por sectores, se aprecia en su conjunto, que los sectores que experimentan mayores impactos están asociados al sector energético y a los sectores de servicios no comerciales. En este sentido, debe destacarse el importante crecimiento del sector 7 (Producción y distribución de energía eléctrica) que experimenta un incremento del 227 por ciento, del 24 (Transporte y Comunicaciones) con un incremento del 178 por ciento y del 25 (Otros servicios) que aumenta el 98 por ciento. Por otra parte, los sectores asociados a la industria experimentan en su conjunto variaciones positivas que rondan el 25 por ciento, con la excepción de algunas industrias que no están asociadas a esta energía, como la de alimentación o textil.

No obstante, los resultados anteriores deben ser matizados para valorar el significado de esos incrementos relativos. En la última columna de la tabla 6 se muestra el valor de la participación del incremento productivo de cada sector sobre el incremento productivo global. Con estas participaciones se puede observar la importancia de cada incremento en la economía general andaluza. En este sentido, cabe destacar, que a pesar de que el sector que experimenta un mayor incremento porcentual



es el 7 (producción y distribución de energía eléctrica), su variación productiva tan sólo supone el 8,88 por ciento de la variación global. En esta última columna, se observa claramente, que los incrementos más notables están asociados a tres sectores Transporte y Comunicaciones (24), Otros servicios (25) y Servicios destinados a la venta (26), que conjuntamente suponen algo más del 70 por ciento de la variación productiva, y que básicamente están asociados al mantenimiento y reparación de los medios técnicos de las plantas, lo que exige la preparación de profesionales bien cualificados. En el entorno rural, donde se ubican físicamente estas plantas, esto puede ser una oportunidad para promover actividades económicas nuevas y nuevas empresas locales.

Tabla 6: Efectos sobre la producción andaluza asociados al desarrollo de la energía solar termoeléctrica

Cód.	Sector es económicos	Producción		Variac. Porcen-tual	Participac. en el incremento de la produc-c.
		Original	Simulación		
1	Agricultura	9360929,33	10296019,25	9,99	0,78
2	Ganadería	2240881,79	2326262,50	3,81	0,07
3	Pesca	961208,27	923306,81	-3,94	-0,03
4	Extracción de productos energéticos	2855654,77	4695044,03	64,41	1,53
5	Resto extractivas	2590448,34	3181081,04	22,80	0,49
6	Refino de petróleo y tratamiento residuos nucleares	12271300,30	17749614,47	44,64	4,55
7	Producción y distribución de energía eléctrica	4706444,83	15400153,98	227,21	8,88
8	Producción y distribución de gas, vapor de agua y agua caliente	506284,04	749732,02	48,09	0,20
9	Captación, depuración y distribución de agua	1082830,64	1251137,99	15,54	0,14
10	Alimentación	31299094,60	28498081,13	-8,95	-2,33
11	Textil y piel	7265357,08	6355772,92	-12,52	-0,76
12	Elaborados de madera	4460812,62	5293708,54	18,67	0,69
13	Químicas	13347205,20	16527308,46	23,83	2,64
14	Minería y siderurgia	5580485,88	7168891,58	28,46	1,32
15	Elaborados metálicos	4419720,82	5907949,77	33,67	1,24
16	Maquinaria	16080156,90	20669455,67	28,54	3,81
17	Vehículos	7059813,00	6971575,52	-1,25	-0,07
18	Materiales de construcción	7208831,81	9998712,50	38,70	2,32
19	Transporte	2322264,43	2524080,64	8,69	0,17
20	Otras manufacturas	9306621,49	12269762,27	31,84	2,46
21	Construcción	48650638,10	54414242,42	11,85	4,79
22	Comercio de carburantes	2147196,84	2362823,84	10,04	0,18
23	Resto comercio	39031290,30	33638825,99	-13,82	-4,48
24	Transporte y Comunicaciones	19593291,10	54500583,12	178,16	28,98
25	Otros servicios	28924041,40	57356210,37	98,30	23,61
26	Servicios destinados a la venta	31082097,30	52223810,96	68,02	17,55
27	Servicios no destinados a la venta	26174924,10	27725130,53	5,92	1,29
	TOTAL	340529825,00	460979278,30	35,37	100,00

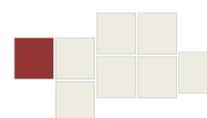
Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.

Diferenciando, estos efectos por tecnologías, cabe indicar que la mayor parte del incremento es debido a la puesta en funcionamiento de las plantas de energía termoeléctrica con cilíndrico parabólicos, que asciende al 30,81 por ciento, como se detalla en la Tabla 7. En este sentido, el incremento del 4,57 por ciento de las plantas de tecnología tipo torre, que se detalla en la Tabla 8, puede parecer bastante bajo, si bien cabe señalar que se parte del supuesto de que este tipo de tecnología tan sólo tendrá un grado de penetración del 20 por ciento.

Tabla 7: Efectos sobre la producción andaluza asociados al desarrollo de la energía solar termoeléctrica: Cilíndrico Parabólica

Cód.	Sector económico	Producción		Variac. Porcentual	Participac. en el incremento de la producc.
		Original	Simulación		
1	Agricultura	9.360.929,33	10.284.044,04	9,861	0,88
2	Ganadería	2.240.881,79	2.289.251,28	2,159	0,05
3	Pesca	961.208,27	893.688,63	-7,024	-0,06
4	Extracción de productos energéticos	2.855.654,77	4.552.353,75	59,415	1,62
5	Resto extractivas	2.590.448,34	3.080.963,85	18,936	0,47
6	Refino de petróleo y tratamiento residuos nucleares	12.271.300,29	17.254.517,46	40,609	4,75
7	Producción y distribución de energía eléctrica	4.706.444,83	14.828.474,18	215,067	9,65
8	Producción y distribución de gas, vapor de agua y agua caliente	506.284,04	724.993,65	43,199	0,21
9	Captación, depuración y distribución de agua	1.082.830,64	1.209.542,35	11,702	0,12
10	Alimentación	31.299.094,63	27.788.017,92	-11,218	-3,35
11	Textil y piel	7.265.357,08	6.128.502,03	-15,648	-1,08
12	Elaborados de madera	4.460.812,62	5.155.032,37	15,563	0,66
13	Químicas	13.347.205,16	16.054.125,20	20,281	2,58
14	Minería y siderurgia	5.580.485,88	6.929.592,34	24,175	1,29
15	Elaborados metálicos	4.419.720,82	5.530.170,44	25,125	1,06
16	Maquinaria	16.080.156,93	19.409.456,30	20,704	3,17
17	Vehículos	7.059.813,00	6.287.729,29	-10,936	-0,74
18	Materiales de construcción	7.208.831,81	9.499.727,31	31,779	2,18
19	Transporte	2.322.264,43	2.493.759,61	7,385	0,16
20	Otras manufacturas	9.306.621,49	11.769.981,76	26,469	2,35
21	Construcción	48.650.638,07	53.310.986,54	9,579	4,44
22	Comercio de carburantes	2.147.196,84	2.285.048,35	6,420	0,13
23	Resto comercio	39.031.290,34	33.338.786,40	-14,584	-5,43
24	Transporte y Comunicaciones	19.593.291,06	52.838.651,60	169,677	31,69
25	Otros servicios	28.924.041,41	56.004.906,69	93,628	25,81
26	Servicios destinados a la venta	31.082.097,28	47.808.762,18	53,814	15,94
27	Servicios no destinados a la venta	26.174.924,08	27.682.445,52	5,759	1,44
	TOTAL	340.529.825,23	445.433.511,03	30,806	100,00

Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.



Diferenciando por sectores, no se aprecian diferencias sustanciales según el tipo de tecnología, con mayores incrementos en el sector séptimo y en los sectores de servicios no comerciales.

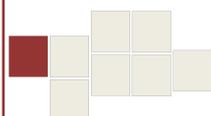
Tabla 7: Efectos sobre la producción andaluza asociados al desarrollo de la energía solar termoeléctrica: Torre

Cód.	Sectores económicos	Producción		Variac. Porcentual	Participac. en el incremento de la producc.
		Original	Simulación		
1	Agricultura	9.360.929,33	9.372.904,54	0,128	0,08
2	Ganadería	2.240.881,79	2.277.893,02	1,652	0,24
3	Pesca	961.208,27	990.826,46	3,081	0,19
4	Extracción de productos energéticos	2.855.654,77	2.998.345,05	4,997	0,92
5	Resto extractivas	2.590.448,34	2.690.565,53	3,865	0,64
6	Refino de petróleo y tratamiento residuos nucleares	12.271.300,29	12.766.397,30	4,035	3,18
7	Producción y distribución de energía eléctrica	4.706.444,83	5.278.124,63	12,147	3,68
8	Producción y distribución de gas, vapor de agua y agua caliente	506.284,04	531.022,40	4,886	0,16
9	Captación, depuración y distribución de agua	1.082.830,64	1.124.426,28	3,841	0,27
10	Alimentación	31.299.094,63	32.009.157,84	2,269	4,57
11	Textil y piel	7.265.357,08	7.492.627,97	3,128	1,46
12	Elaborados de madera	4.460.812,62	4.599.488,80	3,109	0,89
13	Químicas	13.347.205,16	13.820.388,43	3,545	3,04
14	Minería y siderurgia	5.580.485,88	5.819.785,12	4,288	1,54
15	Elaborados metálicos	4.419.720,82	4.797.500,15	8,548	2,43
16	Maquinaria	16.080.156,93	17.340.156,30	7,836	8,11
17	Vehículos	7.059.813,00	7.743.659,23	9,686	4,40
18	Materiales de construcción	7.208.831,81	7.707.817,00	6,922	3,21
19	Transporte	2.322.264,43	2.352.585,46	1,306	0,20
20	Otras manufacturas	9.306.621,49	9.806.402,00	5,370	3,21
21	Construcción	48.650.638,07	49.753.893,95	2,268	7,10
22	Comercio de carburantes	2.147.196,84	2.224.972,33	3,622	0,50
23	Resto comercio	39.031.290,34	39.331.329,93	0,769	1,93
24	Transporte y Comunicaciones	19.593.291,06	21.255.222,58	8,482	10,69
25	Otros servicios	28.924.041,41	30.275.345,10	4,672	8,69
26	Servicios destinados a la venta	31.082.097,28	35.497.146,06	14,204	28,40
27	Servicios no destinados a la venta	26.174.924,08	26.217.609,09	0,163	0,27
	TOTAL	340.529.825,23	356.075.592,54	4,565	100,00

Elaboración J. M. Cansino; M. A. Cardenete; J. M. González y M^a del P. Pablo – Romero, 2009.

4. Conclusiones

A partir del MEGA desarrollado sobre la base de las MCSAND puede afirmarse que si los objetivos fijados en el plan PASENER relativos a la capacidad de la energía solar



termoeléctrica, cifrados para esta tecnología en una capacidad de 800 MW, se cumplieran plenamente, se originaría un incremento de producción del 35,37 por ciento del valor de la misma en 2008, a lo largo de un periodo temporal coincidente con el de la vida útil de una planta tipo.

Los incrementos más notables se asocian asociados a los sectores de transporte y comunicaciones (24), otros servicios (25) y servicios destinados a la venta (26), que conjuntamente suponen algo más del 70 por ciento de la variación productiva.

La mayor parte del incremento global es debido a la puesta en funcionamiento de las plantas de energía termoeléctrica cilíndrico-parabólicas, si bien cabe señalar que se parte del supuesto de que este tipo de tecnología tendrá un grado de penetración del 80 por ciento.

5. Referencias utilizadas

ANDRÉS, J., J. J. DOLADO, C. MOLINAS, M. SEBASTIÁN y A. ZABALZA (1990): The Influence of Demand and Capital Constraints on Spanish Unemployment, en J. Drèze y C. Bean (eds.), *Europe's Unemployment Problem*, Cambridge: MIT Press.

BROOKE, A., KENDRICK, D. y MEERAUS, A. (1988): *GAMS. A User's Guide*. The Scientific Press.

CALDÉS, N. et al. (2009): Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain. Energy Policy. Doi: 10.1016/j.emplo.2008.12.022

CARDENETE M. A. (1998): "Una Matriz de Contabilidad Social para la Economía Andaluza: 1990", *Revista de Estudios Regionales*, nº 52, pp. 137-153.

CARDENETE M. A. y SANCHO, F. (2003): "Evaluación de Multiplicadores Contables en el Marco de una Matriz de Contabilidad Social Regional", *Investigaciones Regionales*, 2, pp. 121-139.

CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA (2007): *Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética*. Agencia Andaluza de Energía. Junta de Andalucía.

IEA (1999): *Sistema de Cuenta Económicas de Andalucía. Marco Input-Output 1995*. Volumen I y II. Edit. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla. España.

IEA (2009): *Contabilidad Regional de Andalucía de 1995 (CRA-95)*. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla <http://www.juntadeandalucia.es:9002/craa/>

INE (2009): *Contabilidad Regional, Base de Datos TEMPUS, 1995*, Instituto de Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/GSTConsul/arbolAction.do>

INE (1999): *Contabilidad Regional de España de 1995, Base 1986 (CRE-95)*. INE Subdirección General de Cuentas Nacionales. Madrid.

INE (2009): *Marco Input-Output de España 1994*. Instituto Nacional de Estadística <http://www.ine.es/daco/daco42/cne00/cneio2000.htm>

KEHOE, T.J., MANRESA, A., POLO, C. y SANCHO, F. (1988): "Una matriz de contabilidad social de la economía española", en *Estadística Española*, 30(117):5-33.

OSWALD, A. J. (1982): "The Microeconomic Theory of the Trade Union", *Economic Journal*, 92, pp. 576-595.

SHOVEN, J.B. y WHALLEY, J. (1992): *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press. New York.

