

# CONFIGURACIONES MULTITETAPA PARA DIFERENTES FLUIDOS DE TRABAJO EN PLANTAS TERMOSOLARES BRAYTON HÍBRIDAS

A. Calvo Hernández<sup>a</sup>, R. P. Merchán<sup>a</sup>, M. J. Santos<sup>a</sup>, C. Miguel<sup>a</sup>, A. Medina<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, University of Salamanca,  
Plaza de la Merced s/n, 37008, Salamanca*

E-mail: anca@usal.es

**Palabras clave:** planta termosolar híbrida, modelo termodinámico, turbina Brayton multiteta, fluidos de trabajo.

En este trabajo se realiza una simulación válida para plantas termosolares híbridas, de ciclo Brayton y de torre de concentración, desde un punto de vista termodinámico. Estas plantas híbridas emplean dos fuentes principales de energía para su funcionamiento: la energía termosolar y la energía proveniente de una cámara de combustión. Por lo que con este tipo de plantas de generación de energía eléctrica se pretende reducir el consumo de combustibles y la emisión de contaminantes, así como conseguir una potencia neta de salida estable. Se presenta un modelo termodinámico para una planta multiteta, con la idea de valorar la eficiencia y generación de energía en diferentes configuraciones de la planta y para diversos fluidos de trabajo, proponiendo mejoras respecto a una planta termosolar híbrida tipo Brayton monoeteta.

La planta consta de tres subsistemas principales: campo de concentradores y receptor solar, cámara de combustión y ciclo de potencia (Fig. 1). En este último, un fluido de trabajo (aire presurizado, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> o He) realiza un ciclo termodinámico de tipo Brayton, que comienza cuando se comprime dicho aire mediante varios compresores. A continuación, en el receptor solar se recibe y concentra la energía solar, de modo que se emplea para aumentar la temperatura del aire presurizado. Posteriormente, el gas recibe otro aporte de calor a través de la combustión de gas natural en la cámara, que completa y rectifica el aporte solar. Después, el aire se expande en varias turbinas, produciendo energía mecánica. La temperatura de los gases de salida de la turbina es alta, lo que permite aprovechar este calor residual por medio de un recuperador. Al finalizar el ciclo, se utiliza un intercambiador de calor con el exterior, de modo que sea un ciclo cerrado.

La simulación incluye las principales pérdidas de energía que se producen en los diferentes subsistemas que componen la planta. En la máquina térmica las pérdidas consideradas están tanto relacionadas con las irreversibilidades internas (no idealidad de la turbina, del compresor y del recuperador, y caídas de presión en los procesos de absorción y de cesión de calor) como con las externas (pérdidas de energía en los tres intercambiadores de calor utilizados en el ciclo). El modelo termodinámico propuesto es simple y utiliza un número reducido de parámetros físicos con el objetivo de analizar de una forma intuitiva el funcionamiento de este tipo de plantas termosolares. Además, el modelo se ha validado tomando como planta de referencia la planta SOLUGAS [1] construida por la empresa Abengoa Solar, en Sevilla para la configuración monoeteta (una turbina y un compresor) y con aire seco como fluido de trabajo.

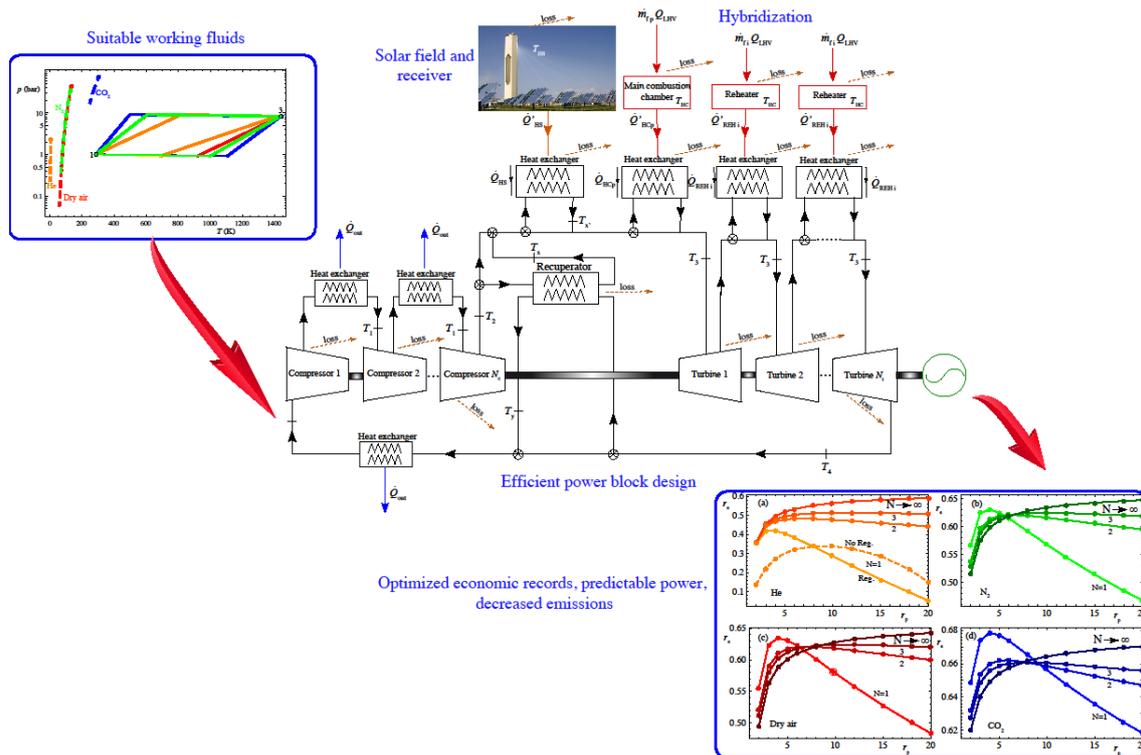


Figura 1. En el centro, esquema de la planta termosolar híbrida. En la parte superior izquierda, diagrama p-T de los cuatro fluidos de trabajo considerados. En la parte inferior derecha, evolución del rendimiento económico en función de la relación de presiones para dichos fluidos y para diferente número de etapas de expansión y compresión.

Los valores más altos de rendimiento global y de potencia se obtienen para el helio conforme se aumenta el número de etapas, mientras que para el CO<sub>2</sub> se registran valores menores [2]. En el rendimiento económico ocurre lo contrario, obteniéndose los valores mayores para el CO<sub>2</sub>, y los menores para el helio. Entre el aire seco y en nitrógeno no hay diferencias significativas. La evolución del parámetro más interesante es la del rendimiento económico: para el caso de una turbina y un compresor, el máximo que presenta es pronunciado, mientras que cuando se aumenta el número de etapas, el máximo se desplaza suavizándose. Asimismo, para todos los fluidos de trabajo, se observa cómo, a medida que se aumenta el número de turbinas y de compresores, el consumo de combustible específico va disminuyendo hasta llegar a un valor asintótico.

Este tipo de estudios muestran que todavía queda margen de mejora en el diseño de estas plantas termosolares, por lo que se necesita más investigación y desarrollo. Pero sus sugerencias pueden ayudar a guiar el prediseño de futuras instalaciones que trabajen en este concepto de turbina de gas de concentración híbrida.

*Agradecimientos.* Los autores agradecen la financiación de la Universidad de Salamanca y de la Junta de Castilla y León (proyecto SA017P17).

### Referencias

[1] R. Korzynietz, J. A. Brioso, A. del Río, M. Quero, M. Gallas, R. Uhlig, M. Ebert, R. Buck, D. Teraji, Solugas - Comprehensive analysis of the solar hybrid Brayton plant. *Sol. Ener.* **135**, 578-589. (2016).  
 [2] M. J. Santos, C. Miguel-Barbero, R. P. Merchán, A. Medina, A. Calvo Hernández, Roads to improve the performance of hybrid thermosolar gas turbine power plants: Working fluids and multi-stage configurations. *Ener. Conv. Manage.* **165**, 578-592 (2018).