



**Primer sistema de potencia comercial para  
generación directa de vapor – Caso de éxito de  
Puerto Errado 2**

**Autor:** Álvaro Gamarra Alcázar

**Institución:** OHL Industrial

**Otros autores:** Ricardo Muñoz Rodríguez

## Resumen

En esta comunicación técnica se describen algunas de las innovaciones llevadas a cabo por OHL Industrial en Puerto Errado 2, mayor experiencia comercial con tecnología Fresnel del mundo. Tal y cómo se prevé en el estado del arte, con esta planta utilizando la tecnología de generación directa de vapor se marca un nuevo hito para la mejora de la competitividad de la Energía Termosolar, y es dónde OHL Industrial concentra sus esfuerzos para desarrollar tecnología alternativa a los combustibles fósiles con precios con tendencia al alza.

**Palabras claves:** generación directa de vapor, termosolar, linear fresnel, sistema de potencia, Puerto Errado 2.

El pasado 13 de agosto de 2012 **OHL Industrial** finalizó los trabajos llave en mano para el Sistema de Potencia de la planta de Puerto Errado 2. Esta planta se encuentra localizada en Calasparra, Murcia.



*Vista del sistema de potencia de Puerto Errado 2*

*Puerto Errado 2* es la mayor planta construida con tecnología de generación directa de vapor, con 30 MWe. Dada la ausencia de experiencias comerciales a nivel mundial en el aprovechamiento solar mediante generación directa de vapor, **OHL Industrial** ha tenido que llevar a cabo las actividades de desarrollo e innovación de detalle necesarios para poder garantizar el éxito del proyecto, tanto en la tecnología auxiliar de tuberías del campo solar como en el sistema de potencia. De esta forma, el sistema de potencia está desarrollado específicamente para permitir el aprovechamiento del vapor de agua generado directamente en el campo solar, sin necesidad de intercambiadores de calor ni fluidos perniciosos para el medio ambiente.

## **Introducción**

Actualmente, las investigaciones en torno a la energía Termosolar se centran en el campo solar, han venido centrándose en los sistemas de almacenamiento de energía térmica, y en el desarrollo de la tecnología de torre central. Esta última se caracteriza por prescindir de todo el sistema de colectores y tuberías del campo solar porque redirige la radiación directa, a través de un campo de heliostatos, a una torre dónde un único receptor recibe toda radiación solar.

La tecnología solar más madura es la de tipo cilindro – parabólica. Esta centra sus esfuerzos en las siguientes líneas de trabajo:

1. Mejorar los costes de los colectores a través de los materiales utilizados, ya que sólo el campo solar supone entre al 30 y el 50 % del coste de inversión de este tipo de plantas, dependiendo de la configuración de la misma.
2. Reducir los costes operativos, aumentando la producción anual a través de la mejora de los sistemas de seguimiento solar, optimización de la operación y los esquemas de hibridación.
3. Incrementar el rendimiento termodinámico aumentando la temperatura máxima de operación, limitada en la actualidad por los fluidos térmicos que se vienen utilizando tradicionalmente.

Finalmente y de forma común en todas las tecnologías anteriores, se encuentran los sistemas de almacenamiento. Dada su mayor viabilidad económica para la energía termosolar, ya es una realidad a nivel comercial ofreciendo la posibilidad de gestionar la energía vertida a la red. Esto supone la mayor innovación que introduce dentro del panorama de las energías limpias. Esta característica, la gestionabilidad, junto con la modularidad, sostenibilidad y la generación distribuida conforman nuevos atributos que complementan al factor económico a la hora de configurar el mix energético de un país.

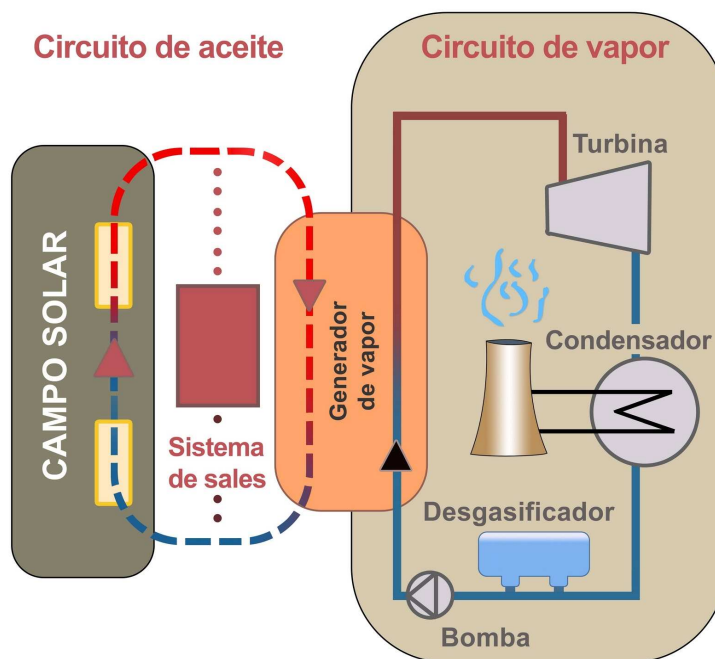
Según diversas fuentes de gran relevancia en el sector, como la *Plataforma Solar de Almería* y *SolarPaces*, la generación directa de vapor es el siguiente paso de mayor relevancia que se espera en la tecnología de generación por concentración solar. Aunque estudios realizados por la empresa *LUZ International* a finales de los años 80 y por el *CIEMAT* a principios de los años 90 del siglo pasado mostraron que a través de la generación directa de vapor era posible alcanzar una reducción del 30% en el coste de la electricidad producida (Ajona y Zarza, 1994), estudios posteriores llevados a cabo a finales de los años 90 mostraron un potencial de reducción del 26% si la generación directa de vapor se acompañaba de otras mejoras del sistema solar (Langenkamp, 1998).

Actualmente, la *Plataforma Solar de Almería* establece el límite inferior en al menos un 15 % de ahorro en el coste de la energía producida.

## La generación directa de vapor

### Ventajas

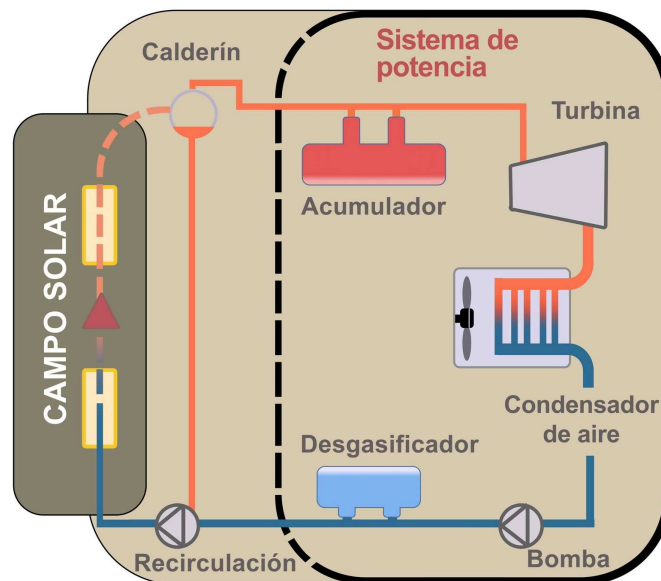
La tecnología convencional contempla ciclos de vapor con métodos indirectos, los cuales utilizan un primer circuito con aceite térmico a modo de “caldera solar”. Una vez el aceite se ha calentado en el campo solar, este se dirige hacia un bloque central de la planta, denominado generador de vapor. En este bloque el aceite caliente circula a través de intercambiadores de calor cediendo su energía térmica a un sistema de potencia clásico –basado en *ciclo Rankine*- con turbina vapor.



*Esquema de una planta termosolar con tecnología convencional*

La tecnología lineal *Fresnel* de *Novatec Solar* para campos solares consiste en un sistema de generación directa de vapor, formada por espejos planos dispuestos en hileras paralelas donde cada hilera de espejos refleja la radiación solar concentrándola sobre una línea focal. A lo largo de esta línea un receptor compuesto por un reflector secundario y un tubo absorbedor capta la energía solar reflejada por los espejos. Los espejos, con una superficie de 300.000 m<sup>2</sup>, captan la energía necesaria para poder alimentar dos turbinas de vapor de GE de 15 MWe de potencia cada una.

Según lo anterior, con la generación directa de vapor se simplifica la configuración de la planta, ya que se elimina el intercambiador de calor aceite/agua-vapor (también denominado generador de vapor) y todos los sistemas auxiliares del circuito de aceite: sistema anti-incendio, piscina de recogida del aceite en caso de fugas, sistema de purga de incondensables del aceite y el sistema de inertización del circuito de aceite. Esta simplificación y ahorro de componentes tiene un claro impacto beneficioso en la cuantía de la inversión inicial necesaria. Por otro lado, al prescindir del aceite térmico, el cual se degrada a partir de una temperatura en torno a los 400 ° C, puede incrementarse rendimiento termodinámico al poder elevarse la temperatura por encima de dicho límite. Además de todo esto la utilización de agua en lugar de aceite térmico presenta obvias ventajas en costes y elimina los riesgos de tipo medioambiental que se tienen con el aceite térmico, principalmente por las fugas y la necesidad de reposición por degradación.



*Esquema de la planta termosolar en Puerto Errado 2*

En conclusión, la tecnología *Linear Fresnel* presenta unas condiciones favorables para hacer posible la generación directa de vapor. En primer lugar, los sistemas de seguimiento solar son más efectivos, permitiendo desenfocar en casos de sobrecalentamiento. Además, carece de partes móviles en los tubos absorbedores de la radiación solar, reduciendo significativamente el riesgo de fugas. Otra de las ventajas que presenta es la coincidencia de la línea de concentración solar en la parte inferior del tubo absorbedor, el cual minimiza la aparición de estratificación de flujo y por tanto, la aparición de gradientes de temperatura en el tubo absorbedor.



*Alzado del sistema de potencia*

### Retos

Las centrales con métodos indirectos utilizan típicamente aceite como fluido térmico, el cual se mantiene funcionando siempre en estado líquido. Esto es posible gracias a las propiedades que presenta, ya que trabajando con una presión en el rango de los 15 a los 35 bar es posible mantener una única fase líquida. Además, presenta una buena inercia térmica y, por lo tanto, facilita un mayor control de su temperatura, aspecto sumamente importante para la estabilidad de la condición de vapor y garantizar la durabilidad de la turbina.

Con la generación directa de vapor con agua como fluido térmico las presurizaciones que se alcanzan son superiores a los 75 bar. Esto conlleva la necesidad de tuberías, válvulas y accesorios metálicos en el campo solar mucho más fuertes, con paredes más gruesas que sean capaces de soportar las mayores presiones de trabajo, con el consiguiente mayor coste para estos componentes. Pero el mayor inconveniente de la generación directa de vapor es sin duda el trabajo con dos fases conjuntamente (agua y vapor), que hace mucho más complicado el control de la planta en los momentos de transición solar.

A pesar de los inconvenientes mencionados, las ventajas obtenidas justifican el interés en la generación directa de vapor. Cada vez hay un mayor número de empresas que apuestan por la generación directa de vapor con vapor sobrecalentado. Tal es el caso de *Endesa*, que, en colaboración con el *Centro de Investigación Aeroespacial Alemán* y un conjunto de empresas alemanas, llevan a cabo un proyecto de generación directa de vapor con colectores de tipo cilindro - parabólico, con temperaturas superiores a los 500°C. También investigan la utilización de nuevos sistemas de almacenamiento térmico. Por otro lado, *Solarlite*, compañía de origen alemán, tiene plantas en construcción hasta los 9 MWe y trabajan en el desarrollo de colectores de tipo cilindro – parabólico con fibra de vidrio y menor coste, capaces de alcanzar temperaturas similares.

De igual modo, los especialistas en la tecnología de colectores *Linear Fresnel de Puerto Errado 2*, *Novatec Solar*, llevan a cabo un proyecto, denominado *Supernova*, que en colaboración con *Schott Solar* y el *Centro de Investigación Aeroespacial Alemán* han desarrollado tubos receptores capaces de soportar temperaturas en torno a los 450°C. *Novatec Solar*, de la mano de su reciente nuevo accionista, la multinacional *ABB*, ya han comenzado a establecer acuerdos comerciales para desarrollar plantas de generación con los últimos avances tecnológicos. Destacan que su tecnología es capaz de reducir el consumo de agua en un 80%, así como las necesidades de espacio en un 40%. Finalmente, *Areva/Ausra*, de origen estadounidense y pioneros en la tecnología *Fresnel*, afirman haber desarrollado colectores que generan entre un 1,5 y 3 veces más de potencia pico por unidad de superficie que la tecnología convencional. Tienen en previsión la construcción de una planta de 100 MWe con vapor sobrecalentado, con hasta 24 horas de funcionamiento al día gracias a la hibridación con combustibles fósiles.

### **Sistema de potencia desarrollado por OHL Industrial**

Una vez que se genera el vapor en el campo solar, éste se dirige a uno o los dos turbogeneradores, dependiendo del nivel de potencia solar en el momento, y buscando maximizar el rendimiento energético de la planta.

La estructura básica de la planta consiste en dos grupos termosolares, iguales e independientes, cada uno en concreto con su campo solar y su ciclo de agua - vapor y su turbogenerador de 15 MWe, con todos los elementos auxiliares. No obstante, dada la independencia funcional de ambos grupos, es posible durante las primeras horas de insolación, así como al atardecer, cuando la potencia de los campos solares es inferior al 50% de la potencia nominal, conectar de forma automática ambos campos solares a una única turbina, obteniendo de este modo un mejor rendimiento energético.





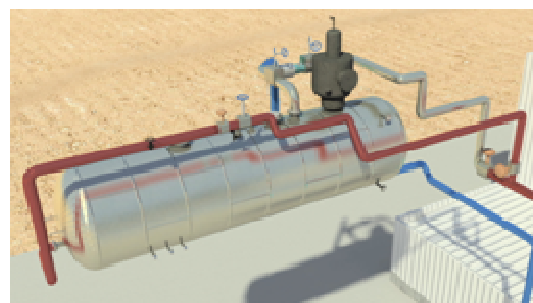
*Alimentación de los turbogeneradores*

La tecnología de procesos y el sistema de control desarrollados por **OHL Industrial** contempla la respuesta eficaz en los arranques y paradas de planta, manteniéndose un altísimo grado de automatización y la operación en continuo incluso en condiciones de menor potencia solar, dada la flexibilidad de funcionamiento mencionada.

Como particularidades de la planta, cabe destacar la interposición entre el calderín y el turbogenerador de un acumulador de condensado que, a modo de “*volante de inercia*”, permite amortiguar las oscilaciones en la generación de vapor del campo solar a causa de los intervalos nubosos que pudieran presentarse en días de alternancia de nubes y claros. Este acumulador suministra vapor al turbogenerador cuando la potencia del campo solar disminuye, y vuelve a acumular condensado en cuanto se recupera. Asimismo, mediante este acumulador es posible controlar los gradientes de temperatura que se generan ante una caída o recuperación brusca de la irradiación. Un gradiente superando los 3 - 5°C/min podría reducir drásticamente la vida útil de los equipos (recipientes, turbina y tuberías) por fatiga de los materiales.



*Calderines*



*Acumulador de vapor*

Las tareas de refrigeración de los distintos sistemas de la planta corren a cargo de los aerorrefrigerantes. No hay torres de refrigeración como sucede en las plantas convencionales, por lo tanto el consumo de agua es mínimo, algo extremadamente a destacar y valorar dada la escasez de la misma en las zonas de mayor recurso solar. El consumo de agua se limita, básicamente, a las purgas de agua de calderas y enfriamiento de vertidos; consumo que resulta despreciable si se compara con el consumo por evaporación y purga propios de las torres de refrigeración. Finalmente, además de garantizar las condiciones del vapor a la entrada a los turbogeneradores, también deben garantizarse unas determinadas condiciones de retorno al campo solar para garantizar el correcto funcionamiento del nuevo ciclo. Destaca la colocación de un depósito de agua con desgasificador entre condensador y el campo solar, que además de permitir el adecuado control de la planta, garantiza la calidad del agua y por tanto la vida útil de la planta.

### Conclusiones

El proceso de generación directa de vapor conlleva una serie de cuestiones técnicas que deben conocerse y ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar e implementar plantas termosolares que funcionen con esta nueva tecnología.

El sistema de potencia que se requiere con generación directa de vapor requiere una mayor sofisticación que en los ciclos de vapor convencionales utilizados en otras tecnologías de generación con fuentes con regímenes de funcionamiento mucho más estacionarios, como pueden ser las provenientes de combustibles sólidos o gaseosos.

**OHL Industrial** es ya conocedor de esta tecnología y contempla proyectos de I+D+i orientados a los previsible desarrollos con generación directa de vapor y demás retos que se plantean en la tecnología de generación Termosolar.

**Nota:** Para información adicional puede contactar con OHL Industrial a través de [info@ohlindustrial.com](mailto:info@ohlindustrial.com)