

CONCLUSIONES

A continuación se ofrecen las principales conclusiones particulares sobre el análisis realizado:

1. La integración de una planta de destilación multiefecto en el ciclo de potencia sustituyendo funcionalmente al condensador no es una buena opción, ya que no permite la regulación del caudal de agua desalada (al estar fijada por la condensación a 70 °C del ciclo) y penaliza excesivamente el rendimiento térmico, pasando del 37,2 al 31,1%. Al alimentar la unidad de destilación de forma paralela a la extracción de la turbina de baja presión a 63 °C puede regularse el caudal de agua desalada mediante la cantidad de vapor extraída, aunque la influencia en el rendimiento térmico es la misma que en el otro caso para altos caudales de agua producida.
2. La integración directa de una planta de ósmosis inversa en el ciclo de potencia está sujeto al bajo factor de capacidad anual del mismo, operando sólo unas 5,72 h diarias a plena carga. Ello repercute en una menor producción de agua y menor flexibilidad de operación frente al caso de planta de ósmosis conectada a la red eléctrica, la cual tiene plena disponibilidad de la fuente energética durante todas las horas del día.
3. El coste anualizado del agua es menor cuando se utiliza como sistema de desalación la ósmosis inversa en lugar de la destilación multiefecto, tanto en integración directa a la planta termosolar como en indirecta a través de la red eléctrica.

El análisis del coste del agua en función del caudal volumétrico desalado muestra que para bajos valores el coste aumenta ya que la producción neta de agua es significativamente menor por el autoconsumo para la limpieza de espejos y purgas en el ciclo. Al incrementarse el caudal los costes disminuyen evolucionando hacia valores aproximadamente constantes.

Cuantitativamente la configuración de destilación multiefecto sustituyendo al condensador proporciona un coste anualizado del agua de 1,24 €/m³, cuando la MED es alimentada por la extracción a 63 °C genera agua desalada a un coste que tiende a 1,27 €/m³ conforme aumenta la producción, en el caso de ósmosis inversa conectada a la planta termosolar se aproxima a 1,06 €/m³, y si está conectada a la red se produce una disminución en el coste de un 40% respecto a la destilación: 0,76 €/m³.

Tras realizar un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos en función de diversos parámetros, se concluye que:

4. El coste específico de inversión del campo solar afecta al coste del agua sólo en los casos de conexión directa con la planta termosolar, tanto en destilación como en ósmosis inversa, de manera más acusada en la primera al pasar de 1,4 a 1 €/m³ si se reduce el coste desde los 400 a 200 €/m². En el caso de ósmosis inversa acoplada a la planta termosolar, el coste del agua se rebaja desde 1,13 a 0,97 €/m³. En cuanto al coste anualizado de producción de la electricidad, desciende desde 0,15 a 0,11 €/kWh para la misma variación del coste del campo solar.

5. Una variación desde el 6% al 14% en la tasa de actualización nominal provoca un aumento en el precio del agua del 71,1% en la destilación (de 1,2 a 2,1 €/m³), de un 60% en ósmosis conectada a la planta (de 1 a 1,6 €/m³), y de un 33% en la situación de ósmosis conectada a red (de 0,76 a 1 €/m³). Para la electricidad, el aumento es de un 78,1% para la misma variación del parámetro (de 0,13 a 0,23 €/m³). A la luz de estos resultados se concluye que la influencia de esta variable es muy significativa sobre el precio tanto del agua como de la electricidad luego es de gran importancia una buena elección de dicho parámetro, en función del objetivo del estudio y del tipo de financiación del proyecto.

6. El estudio de los costes de producción de agua en función del coste específico de la unidad MED revela que la influencia no es crítica ya que un aumento de 1200 a 1600 €/m³/d produce un incremento del 10%, que es relativamente bajo.

Incrementar el coste específico de la unidad de ósmosis inversa en un 40% produce un aumento del 11 y 16% para la situación de conexión a planta termosolar y a red, respectivamente, por lo cual se comprueba que tampoco es un factor decisivo sobre el coste de producción del agua.

7. Por último si se realiza un análisis de los costes anualizados del agua y la electricidad en función del factor de capacidad de la planta termosolar se advierte que disminuir desde 2090 a 1000 h/año incrementa el coste del agua en un 63% en los casos de destilación, y en un 48% en la configuración de conexión al ciclo de potencia, manteniéndose sin embargo constante para el caso de alimentación por la red eléctrica. Elevando la operación de la planta a 3000 h/año la disminución en el coste es del 17% para la destilación multiefecto y del 13% para la ósmosis conectada al ciclo, mientras que para el caso de conexión a red no se produce ninguna rebaja en el coste ya que ambos sistemas son independientes. El coste anualizado de la electricidad sigue una variación similar a la del agua. Se pone de manifiesto la gran influencia en los costes de este parámetro, siendo muy importante tener una alta disponibilidad anual de la radiación solar, variable que viene determinada por la localización de la planta.

8. En base a los puntos anteriores, la conclusión global del proyecto realizado, con las hipótesis introducidas y para los valores tomados de los parámetros económicos y de los costes de adquisición de los autores referenciados, es que la opción más interesante de integración de una planta de desalación de agua de mar en una central termosolar de 5 MW_e de captadores cilindroparábolicos con generación directa de vapor es mediante un sistema de ósmosis inversa.

Sin embargo, ya que en estos casos la baja disponibilidad anual del recurso solar influye decisivamente en los costes anualizados del agua y de la electricidad, se establece la siguiente recomendación: la conexión a la red eléctrica con funcionamiento anual completo del sistema de ósmosis inversa, produciéndose así el menor coste anualizado del agua y estando compensado el consumo eléctrico mediante la electricidad de origen solar aportada a la red por la planta termosolar.

