



Estudio de la mezcla de NaCl, FeCl₃ y LiBr para almacenamiento de energía en plantas termosolares

Autor: Juan Manuel Suárez Muñoz

Institución: Universidad Rey Juan Carlos

Otros autores: Raquel Pascual Juez

Resumen

El 69.03% de la superficie de la Tierra es agua salada con una media de salinidad de los océanos es de un 3% aunque en algunos mares como el muerto asciende hasta un 33%. La sal extraída de los mares y océanos en las desalinizadoras se puede usar en las plantas termosolares mezclándolas con sales de fusión rápida como es el caso del FeCl_3 , cuya temperatura de fusión es de 260°C , y con sales medias como el LiBr . Debido a sus puntos de fusión escalonados se pueden calentar más rápidamente y por lo tanto mejorar tanto el almacenamiento de energía como su aprovechamiento. Las sales se calentarán por etapas aumentando la temperatura de la mezcla y la aceleración en la fusión del resto de sales.

Palabras clave: energía, termosolar, sales fundidas

INTRODUCCIÓN

El planeta en que vivimos consta de un 69,03% de agua salada en su superficie. La distribución de salinidad en los mares y océanos que lo componen es dependiente de varios factores siendo los más importantes las corrientes, la temperatura del agua y la temperatura de la corteza marina así como su movimiento. Como se puede observar en la siguiente figura las zonas de mayor salinidad se concentran en el mar Mediterráneo, en este caso debido a los grandes depósitos que se formaron al secarse al estar desconectado del océano Atlántico en la antigüedad, en la crisis de salinidad de la época Messiniense ^[1], y en las zonas que tienen una tectónica de placas más activa como son la zona Atlántica y la Pacífica entre Nueva Zelanda y Chile.

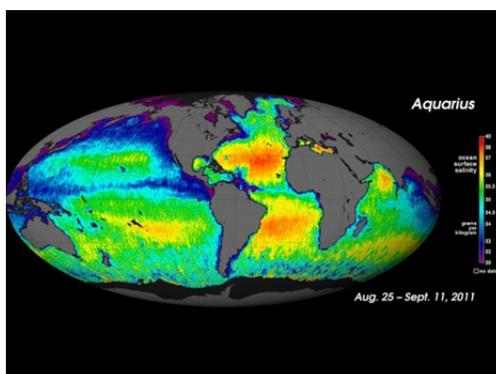


Figura 1: Mapa de distribución de salinidad.^[2]

La sal marina está formada por aproximadamente un 86% de cloruro sódico (NaCl) y un 14% de otro tipo de compuestos, entre ellos distintos cloruros como el de magnesio y bicarbonatos ^[3]. La salinidad es dependiente de la profundidad a la que se realice la medida, mientras que para los mayoritarios, principalmente el Na y el Cl, está variación es nula para el Fe o el Cu disminuye conforme aumenta la profundidad y para elementos como el Al y el Mg esta concentración aumenta según aumenta la profundidad.

El funcionamiento de una planta de concentración solar con torre central de forma simple, se basa en un parque de heliostatos que reflejan la luz del Sol a una zona que se encuentra en la parte alta de la torre central. En el interior de esta torre un conjunto de sales se calientan hasta alcanzar una temperatura que se encuentra entre 550°C y 600°C, a continuación estas sales ya fundidas mediante un intercambiador de calor aumentan la temperatura de una corriente de agua convirtiéndolo en vapor. Este vapor hace girar una turbina generando electricidad. El vapor, ya expandido, continúa hacia el condensador. A continuación se muestra dicho funcionamiento (Figura 2).

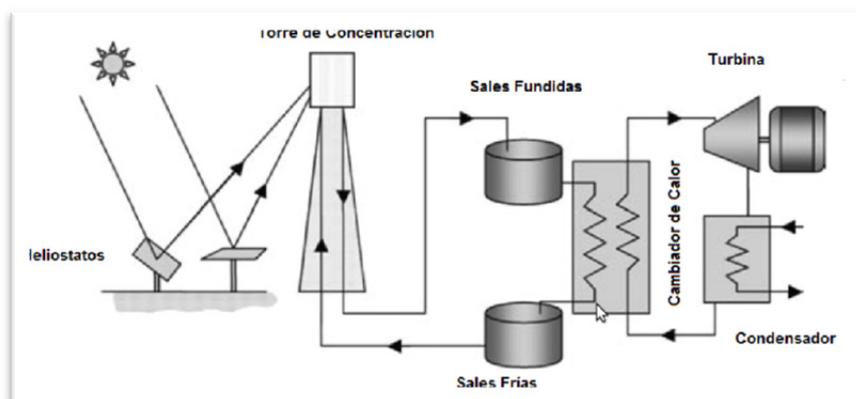


Figura 2: Diseño básico de una planta termosolar.

SALES ELEGIDAS

La temperatura de las sales y de todo el sistema varía en un gradiente con una temperatura máxima de aproximadamente 600°C lo cual es peligroso ya que si el cambio fuese más amplio los sistemas y equipos que se utilizan se estropearían por sobrecalentamiento. Para que un sistema controlado tanto mecánica, eléctrica como electrónicamente funcionen correctamente y la vida útil de los mismos sea máxima es importante que no estén sometidos a ningún tipo de fatiga. Debido a la variación en la temperatura de las sales que circulan por el sistema durante el funcionamiento de la planta y el de reposo de la misma genera un elevado sufrimiento a los equipos y a los materiales que la componen es elevado.

En el presente trabajo se estudia la posibilidad de utilizar mezclas de sales de puntos de fusiones escalonadas para mantener todo el sistema a una temperatura elevada y así obtener una serie de ventajas, primeramente que el sufrimiento térmico de las piezas se disminuye notablemente ya que cada sal circulará por su propio sistema, dicho sistema estará acondicionado a la temperatura de fusión de cada una de ellas y por otro lado al mantener el sistema a una temperatura elevada el tiempo de calentamiento de las sales por la energía reflejada por los heliostatos disminuirá, esto es debido a que el salto de temperatura que han de sufrir las sales, al estar ya calientes, será inferior.

Para llevar a cabo estas mejoras se han estudiado los puntos de fusión y los comportamientos de tres sales distintas, una de ellas se encuentra como hemos mostrado anteriormente en altas proporciones en mares y océanos, es el $NaCl$, y por otro lado el $FeCl_3$ ^[4] y el $LiBr$ ^[5].

Se han tomado estas tres sales por la temperatura de fusión que presentan, para el $FeCl_3$ es de 306°C, para el $LiBr$ es de 552°C y para el $NaCl$ es de 801°C. Como se puede observar las temperaturas son escalonadas existiendo una diferencia de aproximadamente 250°C entre cada una de ellas.

El Tricloruro de Hierro ($FeCl_3$), se obtiene de forma cómoda al hacer pasar cloro por la superficie de Fe caliente o bien introduciendo Fe en ácido clorhídrico (HCl). La utilización

de este compuesto está muy extendida ya que se utiliza como coagulante en el tratamiento de aguas en las EDAR, para su potabilización en las ETAP generando flóculos de hidróxido de hierro, como catalizador en la reacción de fabricación del PVC, como desecante y para fabricar placas de circuitos impresos.

El Bromuro de Litio (LiBr), se puede obtener utilizando una disolución acuosa de hidróxido de litio con bromuro de hidrógeno, otra forma de obtenerlo es utilizando hidruro de litio con bromo. Hay que prestar atención a la presión de vapor, ya que presentan una presión de vapor muy baja por lo si se introduce en una bomba hay que tener en cuenta la NPSH (Net Positive Suction Head) o ANPA (Altura Neta Positiva en la Aspiración) requerida para que no se produzca el fenómeno de cavitación. Este valor depende del diseño de la bomba y de la presión cinética del fluido. Su utilización se utiliza mayoritariamente en el sector químico como agente desecante y en las máquinas de absorción y como catalizador en síntesis orgánicas. También se usa como electrolito en pilas de litio y antiguamente en el sector médico como sedante y para tratar el trastorno afectivo bipolar (TAB).

Finalmente el Cloruro de Sodio (NaCl) que se obtiene evaporando agua de mar o salmuera o bien en minas de sal (halita). La utilización del NaCl está extendida por todo el mundo, en la alimentación, eliminación de nieve y antiséptico. La producción mundial de sal en el 2006 fue de 240 millones de toneladas siendo China y Estados Unidos los países con mayor producción ^[6].

REDISEÑO DE LA PLANTA

Independientemente de la distribución del campo de heliostatos, ya sea tal que la reflexión de la radiación solar incida en una de las caras de la torre o en todas ellas sólo se dispondrán dos cambiadores de calor en la torre.

Las figuras 3 y 4 presentan un diagrama de las líneas de las distintas sales. En la figura 3, por la línea 1, la más externa, entra la sal de FeCl_3 ya que es la que menor temperatura de fusión presenta por lo que será la primera temperatura que se alcance, a continuación mediante el uso de una bomba circulará calentando la línea 2 la cual será portadora de la sal de LiBr. Es importante como se ha hecho notar antes que hay que tener en cuenta las características físicas de la bomba para que no se produzca el fenómeno de cavitación haciendo inestable todo el sistema. Esta línea será calentada por la línea 1 y por la parte de aire que se encuentra en la parte superior de la torre, la cual tiene un espacio libre por encima de las tuberías de las sales. A su vez, por la línea 3 se introduce el NaCl obtenido mediante un proceso de desalación. Al ser mayor su temperatura de fusión aparte de calentarlo con el aire confinado en la parte superior de la torre también lo hará con el calor obtenido por conducción de la línea 2. En la figura 4 se observa que la longitud de cada una de ellas es distinta, debido al aprovechamiento del aire que se encuentra en la parte superior del hueco en el que están introducidos en la torre.

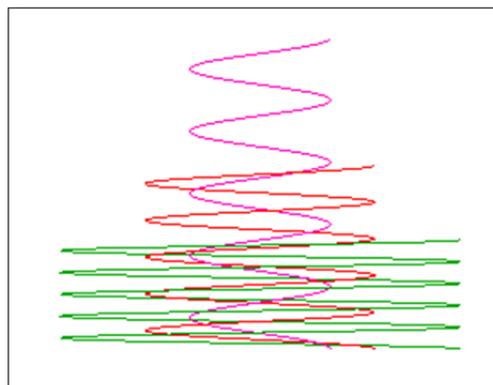
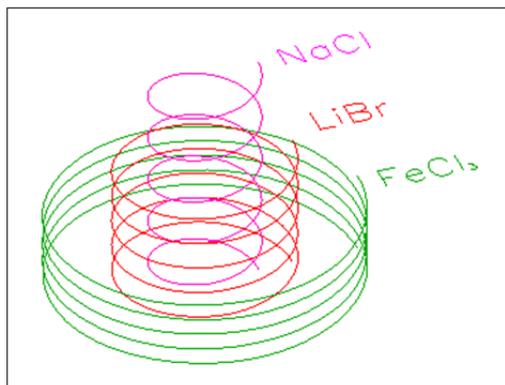


Figura 3 y 4: Diagrama de las líneas de las distintas sales.

Una vez que las sales se encuentran fundidas, según se muestra en la figura 5, la línea del NaCl es la que al tener mayor temperatura se utiliza como principal para calentar el vapor que posteriormente llegará a la turbina para expandirse por lo que consigue generar un vapor sobrecalentado que posee mayor energía, este intercambio, al igual que el resto, ha de hacerse en un cambiador cerrado para que no haya ningún tipo de contaminación del vapor generado ya que podría causar daños a los álabes de la turbina o incluso la turbina en su totalidad.

Debida a la alta temperatura a la que se encuentra el vapor al pasar por el cambiador de calor en el que se calienta con la línea de NaCl, hay que elegir la turbina adecuada. Las turbinas han de ser principalmente de dos tipos: *turbinas de vapor de acción*, las cuales poseen palas que absorben parte de la energía cinética del vapor haciendo girar el rotor, por lo que la presión disminuye de forma escalonada mientras que la velocidad se mantiene constante. *Turbinas multietapa*, estas son muy útiles para presiones muy elevadas, ya que gracias a tener varias etapas hacen que la velocidad de giro además de ser constante sea más baja que si sólo tuviera una única etapa.

La tubería posterior a la turbina principal por la que circula el vapor expandido se vuelve a calentar utilizando la energía de la línea del LiBr y el calor de la línea del NaCl, la cual en el primer cambiador de calor no se ha aprovechado. La temperatura de las sales en este segundo caso es aproximadamente la temperatura de fusión del LiBr es decir 550-560°C por lo que se puede volver a expandir obteniendo así mayor cantidad de energía en la segunda turbina. Finalmente la línea que sale de la última turbina servirá para precalentar el depósito de FeCl₃ para facilitar el calentamiento de las otras dos líneas que se encuentran en la torre central.

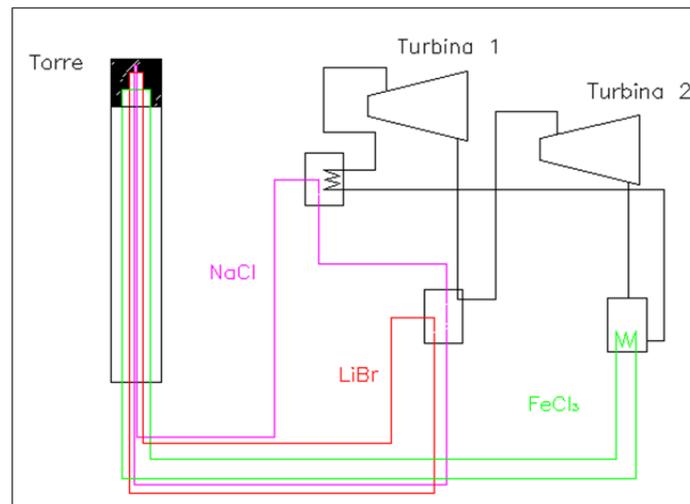


Figura 5: Diagrama de la planta.

El resultado de la utilización de estas sales es el aumento del aprovechamiento de la energía solar. Mejorando la recogida de esta energía mediante un conjunto variado de sales. La utilización del NaCl en esta planta fomenta el uso de desaladoras y de salinas, así como de los procesos necesarios para su limpieza y adecuación.

Todas las sales propuestas tienen un uso generalizado y su obtención no supone ningún coste excesivo para su posible implantación en una planta termosolar real.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] García-Cortés, Á.. 2008. *Contextos Geológicos Españoles: Una aproximación al Patrimonio Geológico Español de Relevancia Internacional*.
- [2] NASA. 2011. *Proyecto Aquarius*.
- [3] Cifuentes Lemus, J.L. 1997. *El Océano y sus Recursos II*.
- [4] Babor, J. 1973. *Química General Moderna*.
- [5] de Lucas Martínez, A. 2007. *Termotecnia básica para ingenieros químicos*.
- [6] Salt Institute 2006. *Asociación Mexicana de la Industria Salinera A.C.* .