



# UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES  
EXPERIMENTALS

## MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD

*“Estudio comparativo de la eficiencia de una planta  
termosolar de concentración (CSP) con  
almacenamiento térmico de sales fundidas en  
función de las propiedades térmicas y reológicas de  
la mezcla de sales empleada”*

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

AUTOR

Juan José Picazo González

DIRECTORES

Jose Enrique Juliá Bolívar

Rodrigo Llopis Doménech

Castellón, septiembre de 2014



*A mi familia  
por su infinita paciencia.*



## **Agradecimientos**

*A mis directores de proyecto por sus aportes al presente trabajo así como por su generosidad a la hora de facilitar la realización del mismo.*



## Resumen

En este trabajo se estudia el efecto que tiene la modificación de la capacidad calorífica, la conductividad térmica y la viscosidad de la sal utilizada como fluido de transporte y almacenamiento caliente sobre la producción anual de energía, el coste normalizado de la electricidad, el factor de conversión bruto a red, la producción bruta de electricidad, la energía térmica enviada al bloque de potencia, el coste de producción del kWh y los costes de almacenamiento de una central solar térmica.

Para ello se han realizado simulaciones con el fin de observar cómo afectan dichas modificaciones al comportamiento de una central solar térmica. La Central se ha situado en Ciudad del Cabo (Sudáfrica) y cuenta con una superficie de 197 Ha, un área reflectante de unas 576 Ha formada por 4120 heliostatos de 140 m<sup>2</sup>, una potencia nominal de la turbina de 50 MWe, una generación anual de electricidad de 180 MWh y un sistema de almacenamiento térmico formado por dos tanques de sal, capaz de almacenar energía durante 2 horas.

Para la realización de las simulaciones se ha utilizado el programa SAM System Advisor Model, en su versión de 14 de enero de 2014 que a su vez realiza las simulaciones en base al programa de simulación Trnsys.

Se ha obtenido la configuración óptima del fluido de transporte y de almacenamiento caliente en función de la modificación porcentual de los parámetros mencionados anteriormente respecto de la sal solar convencional.





# Índice

<b>1. OBJETO DEL PROYECTO FINAL DE MÁSTER.</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES.</b>	<b>1</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.</b>	<b>4</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>9</b>
<b>2.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN EN CENTRALES SOLARES TERMOELÉCTRICAS.</b>	<b>9</b>
2.1.1. CENTRALES SOLARES DE DISCO STIRLING:	9
2.1.2. CENTRALES SOLARES CON RECEPTOR CENTRAL DE TORRE:	10
2.1.3. CENTRALES SOLARES CON COLECTORES PARABÓLICOS:	12
2.1.4. CENTRALES SOLARES CON TECNOLOGÍA FRESNEL:	13
<b>2.2. FORMAS DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO.</b>	<b>15</b>
<b>2.3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO.</b>	<b>20</b>
<b>3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN.</b>	<b>25</b>
<b>3.1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>25</b>
<b>3.2. EL PROGRAMA SAM.</b>	<b>25</b>
<b>4. SIMULACIONES.</b>	<b>31</b>
<b>4.1. LOCALIZACIÓN Y DIMENSIONADO DE LA CENTRAL.</b>	<b>31</b>
4.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA	31
4.1.2. CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA	34
<b>4.2. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA CENTRAL.</b>	<b>35</b>
4.2.1. LOCATION AND RESOURCE.	35
4.2.2. HELIOSTAT FIELD.	35
4.2.3. TOWER AND RECEIVER. TORRE Y RECEPTOR.	40
4.2.4. POWER CICLE. CICLO DE POTENCIA.	44
4.2.5. THERMAL STORAGE. ALMACENAMIENTO TÉRMICO.	48
4.2.6. PARASITICS. PARÁSITOS.	51
4.2.7. PERFORMANCE ADJUSTMENT. AJUSTE DE RENDIMIENTO.	52
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LAS SIMULACIONES A REALIZAR.</b>	<b>57</b>
5.1.1. VARIACIONES DEL PATRÓN DE FLUJO DEL HTF.	58
5.1.2. VARIACIONES DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE LA SAL: CAPACIDAD CALORÍFICA, CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y VISCOSIDAD.	58
<b>6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.</b>	<b>63</b>
<b>6.1. VARIACIONES DEL PATRÓN DE FLUJO DEL HTF.</b>	<b>63</b>
6.1.1. ENERGÍA ANUAL.	63
6.1.2. COSTE NIVELADO DE LA ELECTRICIDAD. LCOE.	64

6.1.3.	FACTOR DE CONVERSIÓN BRUTO A RED. GROSS TO NET CONVERT FACTOR.	65
6.1.4.	PRODUCCIÓN BRUTA DE ELECTRICIDAD. GROSS ELECTRIC OUTPUT.	66
6.1.5.	PLANTA DE ENERGÍA.	67
6.1.6.	ENERGÍA TÉRMICA ANUAL.	68
6.1.7.	CONCLUSIÓN	68
<b>6.2.</b>	<b>VARIACIONES DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE LA SAL.</b>	<b>69</b>
6.2.1.	ENERGÍA ANNUAL.	69
6.2.2.	LCOE.	72
6.2.3.	FACTOR DE CONVERSIÓN BRUTO A RED.	74
6.2.4.	PRODUCCIÓN ELÉCTRICA BRUTA.	76
6.2.5.	PLANTA DE ENERGÍA.	78
6.2.6.	ENERGÍA TÉRMICA ANUAL AL BLOQUE DE POTENCIA.	80
6.2.7.	ENERGÍA TÉRMICA AL BLOQUE DE POTENCIA MENSUAL.	83
6.2.8.	ALMACENAMIENTO (\$).	86
6.2.9.	ALMACENAMIENTO (\$/W).	88
6.2.10.	ALMACENAMIENTO (CENT/KWH NOMINAL).	90
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>95</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXO I. TABLAS DE RESULTADOS PARA LAS VARIACIONES DEL PATRÓN DE FLUJO.</b>	<b>99</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXO II. TABLAS DE RESULTADOS PARA LAS VARIACIONES DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE LA SAL.</b>	<b>119</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>157</b>

## Índice de Figuras.

Figura 1. Mapa de la radiación térmica en España (1) .....	2
Figura 2. Plantas termosolares en España (2) .....	2
Figura 3. Diagrama ARC.....	5
Figura 4. Disco solar Stirling. Planta solar de Almería.....	9
Figura 5. Central solar torre. Planta Gemasolar, Sevilla.....	11
Figura 6. Colectores parabólicos. Planta Soluz Guzman, Córdoba.....	12
Figura 7. Tecnología Fresnel. Planta PE2, Murcia. ....	14
Figura 8. Esquema de la instalación de una planta de energía de torre central (Planta Solar Tres), con dos tanques -directos y aceite mineral como el sistema de almacenamiento (44). ....	27
Figura 9. Pantalla de SAM .....	26
Figura 10. Diagrama de bloques de SAM. ....	28
Figura 11. Localización de la Planta .....	31
Figura 12. Planta .....	31
Figura 13. Radiación Solar Anual.....	32
Figura 14. Radiación Solar primer cuatrimestre. ....	32
Figura 15. Radiación Solar segundo cuatrimestre.....	33
Figura 16. Radiación Solar tercer cuatrimestre.....	33
Figura 17. Radiación Normal Directa. ....	34
Figura 18. Patrones de flujo del HTF. ....	58

# Índice de Tablas.

Tabla 1. Características principales de los materiales sólidos para almacenamiento de calor sensible (38), (39) .....	17
Tabla 2. Características principales de los materiales líquidos para almacenamiento de calor sensible (38), (40) .....	17
Tabla 3. Características de la Planta.....	31
Tabla 4. Configuración de la Planta.....	34
Tabla 5. Propiedades de la Sal Solar estándar utilizada por SAM. ....	59
Tabla 6. Resumen Valores energía anual con modificaciones de la sal. ....	71
Tabla 7. Resumen LCOE con modificaciones de la sal.....	73
Tabla 8. Resumen Factor de conversión bruto a red con modificaciones de la sal. ....	75
Tabla 9. Resumen producción eléctrica bruta con modificaciones de la sal.....	77
Tabla 10. Resumen planta de energía con modificaciones de la sal.....	79
Tabla 11. Resumen energía térmica al bloque de potencia con modificaciones de la sal. ....	82
Tabla 12. Resumen costes de almacenamiento con modificaciones de la sal. ....	91
Tabla 13. Propiedades del fluido óptimo. ....	95
Tabla 14. Valores de la planta con la sal solar optimizada optimizada .....	96
Tabla 15. Resultados. Energía anual para variaciones de $C_p$ y de los patrones de flujo.....	99
Tabla 16. Resultados. Energía Anual para variaciones de $k$ y de los patrones de flujo.....	100
Tabla 17. Resultados. Energía anual para variaciones de $\mu$ y de los patrones de flujo.....	101
Tabla 18. Resultados. LCOE para variaciones $C_p$ y de los patrones de flujo. ....	102
Tabla 19. Resultados. LCOE para variaciones de $k$ y de los patrones de flujo.....	103
Tabla 20. Resultados. LCOE para variaciones $\mu$ y de los patrones de flujo. ....	104
Tabla 21. Resultados. Factor de conversión bruto a la red para variaciones de $C_p$ y de los patrones de flujo. ....	105
Tabla 22. Resultados. Factor de conversión bruto a la red para variaciones de $k$ y de los patrones de flujo. ....	106
Tabla 23. Resultados. Factor de conversión bruto a la red para variaciones de $\mu$ y de los patrones de flujo. ....	107

Tabla 24. Resultados. Producción bruta de electricidad para variaciones de $C_p$ y de los patrones de flujo.....	108
Tabla 25. Resultados. Producción bruta de electricidad para variaciones de $k$ y de los patrones de flujo.....	109
Tabla 26. Resultados. Producción bruta de electricidad para variaciones de $\mu$ y de los patrones de flujo.....	110
Tabla 27. Resultados. Planta de Energía para variaciones de $C_p$ y de los patrones de flujo. ...	111
Tabla 28. Resultados. Planta de Energía para variaciones de $k$ y de los patrones de flujo. ....	112
Tabla 29. Resultados. Planta de Energía para variaciones de $\mu$ y de los patrones de flujo. ....	113
Tabla 30. Resultados. Energía térmica anual para variaciones de $C_p$ y de los patrones de flujo. ....	114
Tabla 31. Resultados. Energía térmica anual para variaciones de $k$ y de los patrones de flujo. ....	115
Tabla 32. Resultados. Energía térmica anual para variaciones de $\mu$ y de los patrones de flujo. ....	116
Tabla 33. Resultados. Energía anual para variaciones de $C_p$ . ....	119
Tabla 34. Resultados. Energía anual para variaciones de $k$ .....	120
Tabla 35. Resultados. Energía anual para variaciones de $\mu$ . ....	121
Tabla 36. Resultados. LCOE, variaciones de $C_p$ .....	122
Tabla 37. Resultados. LCOE, variaciones de $k$ . ....	123
Tabla 38. Resultados. LCOE, variaciones de $\mu$ .....	124
Tabla 39. Resultados, Factor de conversión bruto a red, variaciones de $C_p$ . ....	125
Tabla 40. Resultados, Factor de conversión bruto a red, variaciones de $k$ .....	126
Tabla 41. Resultados, Factor de conversión bruto a red, variaciones de $\mu$ . ....	127
Tabla 42. Resultados, Producción eléctrica bruta, variaciones de $C_p$ .....	128
Tabla 43. Resultados, Producción eléctrica bruta, variaciones de $k$ . ....	129
Tabla 44. Resultados, Producción eléctrica bruta, variaciones de $\mu$ .....	130
Tabla 45. Resultados, Planta de energía, variaciones de $C_p$ . ....	131
Tabla 46. Resultados, Planta de energía, variaciones de $k$ . ....	132
Tabla 47. Resultados, Planta de energía, variaciones de $\mu$ . ....	133

Tabla 48. Resultados, Energía térmica anual al bloque de potencia, variaciones de Cp. ....	134
Tabla 49. Resultados, Energía térmica anual al bloque de potencia, variaciones de k.....	135
Tabla 50. Resultados, Energía térmica anual al bloque de potencia, variaciones de $\mu$ . ....	136
Tabla 51. Resultados, Energía térmica mensual $\cdot 10^3$ kWh al bloque de potencia, variaciones negativas de Cp.....	137
Tabla 52. Resultados, Energía térmica mensual $\cdot 10^3$ kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de Cp.....	138
Tabla 53. Resultados, Energía térmica mensual $\cdot 10^3$ kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de k. ....	139
Tabla 54. Resultados, Energía térmica mensual $\cdot 10^3$ kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de k. ....	140
Tabla 55. Resultados, Energía térmica mensual $\cdot 10^3$ kWh al bloque de potencia, variaciones negativas de $\mu$ .....	141
Tabla 56. Resultados, Energía térmica mensual $\cdot 10^3$ kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de $\mu$ .....	142
Tabla 57. Resultados. Costes de almacenamiento variaciones de Cp.....	143
Tabla 58. Resultados. Coste del almacenamiento térmico variaciones de t.....	144
Tabla 59. Resultados. Costes de almacenamiento variaciones de k. ....	145
Tabla 60. Resultados. Costes de almacenamiento variaciones de $\mu$ .....	146
Tabla 61. Resultados, almacenamiento ( $\$/W$ ), variaciones de Cp.....	147
Tabla 62. Resultados. Variaciones del coste de almacenamiento ( $\$/W$ ) en función de t.....	148
Tabla 63. Resultados, almacenamiento ( $\$/W$ ), variaciones de k. ....	149
Tabla 64. Resultados, almacenamiento ( $\$/W$ ), variaciones de $\mu$ .....	150
Tabla 65. Resultados, almacenamiento (cent/kWh nominal), variaciones de Cp.....	151
Tabla 66. Resultados. Variaciones del coste de almacenamiento (cents/kWh nominal), en función de t.....	152
Tabla 67. Resultados, almacenamiento (cent/kWh nominal), variaciones de k. ....	153
Tabla 68. Resultados, almacenamiento (cent/kWh nominal), variaciones de $\mu$ .....	154

## Índice de Gráficas.

Gráfica 1. Energía anual en función de la variación de las propiedades de la sal.....	70
Gráfica 2. Variación porcentual de la energía anual frente a variaciones de las propiedades de la sal. ....	70
Gráfica 3. Coste nivelado de la energía en función de la variación de las propiedades de la sal	72
Gráfica 4. Variación porcentual del coste nivelado de la electricidad frente a variaciones de las propiedades de la sal. ....	73
Gráfica 5. Factor de conversión bruto a red en función de la variación de las propiedades de la sal.....	74
Gráfica 6. Variación porcentual del factor de conversión bruto a red frente a variaciones de las propiedades de la sal. ....	75
Gráfica 7. Producción eléctrica bruta en función de la variación de las propiedades de la sal ..	76
Gráfica 8. Variación porcentual de la producción eléctrica bruta frente a variaciones de las propiedades de la sal. ....	77
Gráfica 9. Planta de energía en función de la variación de las propiedades de la sal.....	78
Gráfica 10. Variación porcentual de la planta de energía frente a variaciones de las propiedades de la sal. ....	79
Gráfica 11. Energía térmica anual al bloque de potencia en función de la variación de las propiedades de la sal .....	81
Gráfica 12. Variación porcentual de la energía térmica enviada al bloque de potencia frente a variaciones de las propiedades de la sal. ....	81
Gráfica 13. Valores máximos y mínimos mensuales de Energía térmica enviada al bloque de potencia. Variaciones de $C_p$ .....	83
Gráfica 14. Valores máximos y mínimos mensuales de Energía térmica enviada al bloque de potencia. Variaciones de $k$ . ....	84
Gráfica 15. Valores máximos y mínimos mensuales de Energía térmica enviada al bloque de potencia. Variaciones de $\mu$ .....	85
Gráfica 16. Variaciones del coste de almacenamiento en función de las variaciones de $C_p$ .....	86
Gráfica 17. Variación del volumen de sal para un tiempo de almacenamiento de 2 horas.....	87
Gráfica 18. Variaciones del coste de almacenamiento ( $\$/W$ ) en función de las variaciones de $C_p$ . ....	88

Gráfica 19. Variación del volumen de sal para un tiempo de almacenamiento de 2 horas.....89

Gráfica 20. Costes de almacenamiento en función de la variación de las propiedades de la sal91



## **OBJETO DEL PROYECTO FINAL DE MÁSTER**



# 1. OBJETO DEL PROYECTO FINAL DE MÁSTER.

## 1.1. Antecedentes.

En la actualidad existe un problema energético a nivel global que se ha acentuado con la crisis económica. A los costes de producción, transporte y distribución de la electricidad hemos de añadir los costos medioambientales de generación de la misma.

Por otra parte, los principales retos a los que se enfrenta nuestro país en naturaleza energética son: la dependencia energética del exterior (importamos un 76% de las materias primas), la preocupación medioambiental (la producción de energía supone un 93% de las emisiones de CO<sub>2</sub>) y la tendencia general al aumento de consumos (pese a la crisis).

Así pues, se hace muy necesaria una mejora de la eficiencia en la gestión de la misma y/o una búsqueda de alternativas de producción.

La producción de energía por medio de las renovables se postula como una alternativa muy interesante siempre y cuando se consiga incrementar su rentabilidad. Una forma de conseguir este aumento de rentabilidad es aumentar su eficiencia energética, otra forma es sincronizar la producción con los picos de demanda.

Las Torres de energía utilizan heliostatos en un campo solar para enfocar la luz a un receptor colocado encima de una torre reduciendo el sombreado creado por los heliostatos y aumentando la eficiencia óptica para lograr una concentración del flujo solar muy alta y una eficiencia en la planta de vapor.

Históricamente, una de las principales limitaciones asociadas con torres de concentración solar para la producción de electricidad ha sido la economía del sistema, penalizado por múltiples ineficiencias. En una torre de energía solar concentrada, un conjunto de espejos reflejan la luz solar sobre una caldera solar montada en la parte superior de una gran torre. La luz es absorbida por los tubos de la caldera, y el calor eleva la temperatura de una mezcla de sales (o agua) de refrigerante que circula dentro de los tubos. El refrigerante caliente transfiere calor a un ciclo de vapor u otro ciclo de potencia, o se envía a un gran tanque de almacenamiento aislado. Cuando el sol no brilla, la sal caliente del tanque de almacenamiento se utiliza para proporcionar calor al ciclo de potencia. Los tubos de la caldera están fuera y expuestos al aire sin aislamiento. En consecuencia, hay altas pérdidas de calor por radiación desde las superficies calientes y por convección de aire. Además, la sal tiene que ser bombeada hasta la posición de la caldera, lo que requiere una potencia de bombeo significativa. El peso de la caldera implica una torre de energía solar bien construida con altos costos de capital.



## 1.2. Justificación

El uso de sales fundidas en la industria no es ni mucho menos novedoso de esta tecnología. La primera aplicación de las sales industriales de alta temperatura a gran escala fue el uso de sales de fluoruro en la producción de aluminio. Durante más de un siglo fue el método de producción estándar para la electrólisis de aluminio donde se disuelve el óxido de aluminio en criolita, una mezcla de aluminio y fluoruro de sodio a aproximadamente 10000 °C en un baño de grafito forrado.

Varios cloruros de alta temperatura ( $MgCl_2$ , NaCl y KC o LiCl, NaCl, KCl y) y carbonatos ( $Li_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ) junto con mezclas de sales se utilizan también para el tratamiento térmico del acero donde hay baños de sal usados para calentar o enfriar componentes del mismo.

Estos sistemas proporcionan una experiencia operativa con estas sales en una amplia variedad de condiciones. Pero las aplicaciones industriales existentes no proporcionan experiencia en el mantenimiento de la sal ópticamente transparente, en la realización de ciclos térmicos diarios caracterizados por variaciones de cientos de grados, la corrosión en los tanques de almacenamiento o en las conducciones de la sal y en la transferencia de calor por radiación. De hecho, se tiene constancia de que las sales utilizadas para las primeras plantas experimentales presentan una degradación superior a la esperada teóricamente.

Un estudio para la modificación de las propiedades termofísicas de la sal produciría por una parte una mejora en el comportamiento de la planta solar y por otra, un incremento de la duración de las propiedades ópticas de la propia sal que revertiría en una mayor eficiencia de la misma planta.

El siguiente trabajo se centra en un estudio teórico de cómo afecta a la eficiencia de la planta la variación de algunos de estos parámetros; concretamente la conductividad térmica, ya que la energía almacenada debe generar vapor de agua en un intercambiador de calor y este proceso requiere que la conductividad térmica de la sal no sea muy baja, la capacidad calorífica de la sal ya que son necesarios fluidos capaces de almacenar gran cantidad de energía en poco volumen y sin experimentar grandes cambios en su temperatura y por último, la viscosidad de la sal, ya que al aumentar en torno al punto de fusión de la sal puede dificultar la fluidez de la misma a través de las conducciones de la planta solar.

### 1.3. Objetivos.

El objetivo de este proyecto será simular el comportamiento de una central solar de concentración con sistema de almacenamiento térmico con sales inorgánicas, para mejorar su eficiencia energética.

Para ello se utilizará el programa SAM System Advisor Model, en su versión de 14 de enero de 2014 que a su vez realiza las simulaciones en base al programa de simulación Trnsys.

El punto de partida será simular una central situada en Ciudad del Cabo (Sudáfrica) con una superficie de 197 Ha, un área reflectante de unas 576 Ha formada por 4120 heliostatos de 140 m<sup>2</sup>, una potencia nominal de la turbina de 50 MWe, una generación anual de electricidad de 180 MWh y un sistema de almacenamiento térmico formado por dos tanques de sal, capaz de almacenar energía durante 2 horas.

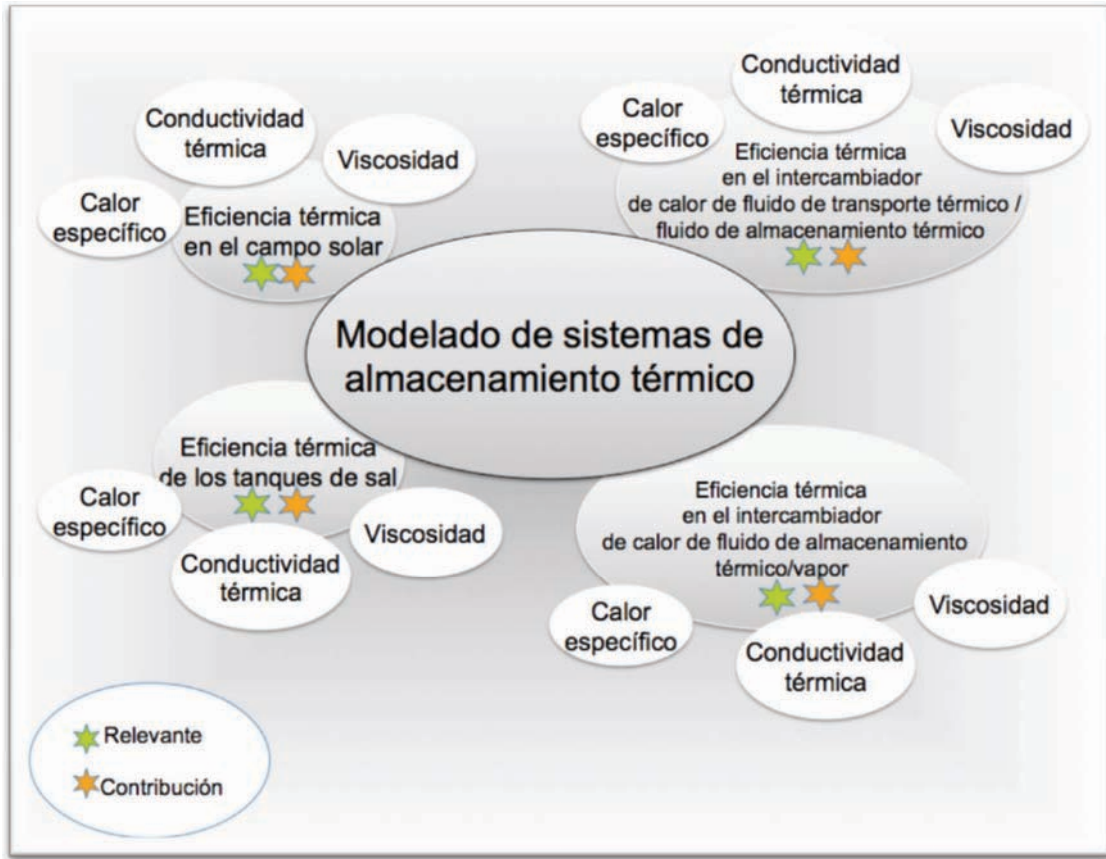
Una vez definida la central, se procederá a estudiar la configuración óptima de la misma, en función de la variación de los parámetros:

- **Redimensionado del campo solar.** Modificando la superficie de los heliostatos y la disposición geométrica de los mismos alrededor de la Torre y modificando las dimensiones del receptor de la propia torre, o la geometría del patrón de flujo del fluido en su interior.
- **Modificar el fluido de almacenamiento térmico.** Podemos utilizar sal a un 60% de NaNO<sub>3</sub> y un 40% KNO<sub>3</sub> o sales formadas por un 46,5% LiF, un 11,5% NaF y un 42% KF. También se puede agregar un HTF definido por nosotros, lo que nos permitirá valorar la eficiencia energética de dicho fluido.
- **Dimensionado del sistema de almacenamiento térmico.** Mediante el redimensionado de los tanques de sal en función del tiempo de almacenamiento que necesitemos e incluso configurando los periodos de despacho de energía de los mismos en función de la estación del año en la que nos encontremos.

Con el fin de obtener los mejores resultados en cuanto a:

- **Costes de operación y mantenimiento de la central.** A partir de las variables del sistema de la página costos de torre se calcula el coste del proyecto y el coste de operación anual que se utiliza en el flujo de caja del proyecto.
- **Energía anual.** Cantidad total de electricidad generada por el sistema en el año uno y cantidad de energía ahorrada.
- **Coste normalizado de la energía.** El LCOE es el coste total de la instalación y operación del proyecto expresado en dólares por kilovatio-hora de electricidad generada por el sistema a lo largo de su vida útil.
- **Factor de conversión bruto a neto.** Es decir, la proporción de producción eléctrica anual de CA del sistema para la producción eléctrica bruta del bloque de potencia. La diferencia entre los dos es debida a las pérdidas parásitas de cargas eléctricas en el bloque de campo solar y energía para las bombas, equipos de refrigeración, etc.

Elvayjs cés Ejla, of s vyf s jnbm arEd égm5



Elvay, 2022 Ejla, of 2022





## **INTRODUCCIÓN**





Estos sistemas de concentración están compuestos por un concentrador solar de alta reflectividad y un receptor solar en cuya cavidad se sitúa un motor Stirling. Su funcionamiento consiste en el calentamiento de un fluido localizado en el receptor hasta una temperatura de 750 °C aproximadamente, a continuación, la energía es transformada directamente en electricidad por el motor.

El principio básico del funcionamiento del motor ideado por Stirling es calentar y enfriar un medio de trabajo, ya sea aire, helio, hidrógeno o incluso alguna clase de líquido (su diseño con sales fundidas está en una fase experimental). Al calentar el medio de trabajo, buscando la mejor captación de radiación solar mediante ejes rotatorios acoplados al sistema, conseguiremos que incremente su volumen y es entonces cuando se aprovechará ese movimiento para desplazar una parte del motor.

Posteriormente, se enfría de nuevo dicho medio, reduciendo su volumen y consiguiendo que el motor vuelva a la posición inicial, generándose así energía mecánica (11).

Este tipo de máquina térmica es un magnífico conversor de energía y en particular resulta muy eficiente para transformar la energía radiante solar en energía eléctrica usando un alternador o dinamo como elemento intermedio, aunque existen diversas investigaciones en las cuales se proponen diferentes sistemas intermedios para lograr aumentar el rendimiento del sistema (12).

El principal problema que presentan este tipo de receptores es la corrosión, y si el sistema no está perfectamente aislado del exterior, cabe la posibilidad de que se introduzca oxígeno, acelerándose tales procesos, apareciendo formaciones de óxidos las cuales disminuyen el rendimiento energético del sistema.

Otro hándicap a mejorar en esta tecnología fue determinado por Shuang-Ying Wu et al. (13), los cuales indican la necesidad de optimizar las pérdidas de calor que se producen en diferentes tecnologías de receptor.

### **2.1.2. Centrales Solares con receptor central de torre:**

Esta tecnología supone uno de los mayores y más prometedores avances en el campo solar al alcanzarse temperaturas cercanas a los 600 °C (14) obteniéndose hasta el momento un máximo de 15 horas de almacenamiento de energía.

En más de 15 años de experimentación en todo el mundo, las plantas con torres de energía han probado su viabilidad desde el punto de vista técnico en proyectos que emplean diferentes medios de transferencia térmica (vapor, aire y sales fundidas) en el ciclo térmico, siendo examinados con diferentes diseños de heliostatos (15)-(16). Los mejores resultados hasta la fecha se han obtenido con nitratos fundidos.

La tecnología solar de torre consiste en direccionar la radiación que llega a los heliostatos hacia un receptor central de torre.



LeMans záscsé, Elm, s... (17)

Elm... (17)

Elm... (17)

Elm... (18)

Elm... (18)(19)

Elm... (18)

Elm... (20)



fundida, la cual se usa en funciones de almacenamiento de energía (28). A continuación, y durante el ciclo de descarga, la sal pasa por un generador de vapor que acciona una turbina, obteniéndose electricidad.

La operación más importante a optimizar, en este tipo de centrales, es el rendimiento en la turbina de vapor, por lo que si la energía térmica recolectada en el campo solar es menor que el valor óptimo de rendimiento en la turbina, se utilizará la energía del almacenamiento, obteniendo así una alta eficiencia en todo momento.

La transferencia de calor debe ser lo más rentable posible por lo que existen investigaciones relacionadas con el diseño de los tubos receptores de la sal fundida, obteniendo buenos resultados en tubos en espiral con superficie rugosa, al mejorarse las pérdidas de radiación y convección, así como la transferencia de calor del receptor de sal fundida (29).

La incorporación de sistemas capilares tiene un gran potencial para mejorar la efectividad de los receptores solares, trabajando en la generación directa de vapor (direct steam generation, DSG) y colocados en los colectores donde existen dos fases estratificadas, las cuales están sujetas a un flujo de calor externo y pueden mantenerse mojados en su superficie interna si se tiene integrado un sistema apropiado de capilaridad (30).

Las sales inorgánicas mejoran la temperatura de relajación y las limitaciones de presión del aceite orgánico, ofreciendo una menor presión de vapor, así como diversas mejoras en las propiedades físicas. Del mismo modo mejoran la eficiencia del ciclo Rankine, reduciéndose el número de heliostatos necesarios por MWe de planta solar construida (31).

Al introducirse directamente la sal fundida en los tubos colectores se deben llevar a cabo medidas de protección en los aceros en contacto con la sal a elevada temperatura. El acero usado es el acero comercial AISI 316, el cual mediante un método patentado de pulverización (sputtering) por el grupo industrial Angelantoni S.A., refuerzan el acero con titanio, maximizándose la absorción de radiación solar y minimizándose las pérdidas de calor (32).

Este proyecto ha demostrado la validez de las sales fundidas para su uso como fluido de transferencia de calor, Heat Transfer Fluid (HTF), en el campo solar, aunque existen numerosas líneas de investigación, las cuales proponen nuevos fluidos que puedan alcanzar una temperatura máxima de trabajo de 550 °C pero que a su vez disminuyan el elevado punto de congelación de la sal solar 60% NaNO<sub>3</sub> + 40% KNO<sub>3</sub> (223 °C).

#### **2.1.4. Centrales Solares con tecnología Fresnel:**

La tecnología Fresnel utiliza reflectores planos, simulando un espejo curvo por variación del ángulo ajustable de cada fila individual de espejos, en relación con el absorbedor. Los espejos paralelos enfocan la energía irradiada por el sol en un tubo, colocado a 8 metros por encima de los espejos.

El agua fluye a través del tubo de absorción, que se calienta a temperaturas de hasta 450 °C produciendo vapor, el cual se convierte en energía eléctrica a través de una turbina.





## 2.2. Formas de almacenamiento térmico.

Se puede definir el almacenamiento de energía (Energy Storage, ES) como la acumulación de una cierta cantidad de energía que se puede ir retirando de un proceso para en un momento posterior realizar alguna operación útil con ella.

Los dispositivos que almacenan energía son los acumuladores.

Las diferentes formas de energía: energía potencial (química o gravitacional), la energía cinética, la energía eléctrica o energía térmica pueden ser almacenadas con un método, sistema o tecnología adecuada. Eso significa que cada forma de energía tiene en sí un acumulador. Los sistemas de almacenamiento de energía térmica TES, son los que se diseñan para acumular la energía térmica de un proceso y son fundamentales para aumentar el uso efectivo de los equipos de energía térmica, especialmente las plantas solares ya que se utilizan para corregir el desajuste entre la oferta y la demanda de energía eléctrica.

Atendiendo al medio de almacenamiento existente, en la actualidad los TES se clasifican en: sistemas de almacenamiento sensible, sistemas de almacenamiento latente y sistemas de almacenamiento de calor químico.

Los sistemas de almacenamiento sensible se basan en el hecho de que cuando la temperatura de una sustancia aumenta, su contenido energético también aumenta, así a la energía liberada o absorbida por el material cuando su temperatura se aumenta o se reduce, se le denomina calor sensible.

Los sistemas de almacenamiento latente se basan en que la energía necesaria para convertir un material sólido en un material líquido, o un material líquido en un gas (cambio de fase del material) se denomina calor de fusión en el punto de fusión (sólido a líquido) y el calor de vaporización (líquido a gas), respectivamente. El calor latente está asociado con estos cambios de fase.

Por último, los sistemas de almacenamiento por calor químico se basan en el uso de reacciones químicas endotérmicas reversibles. El calor químico está asociado a estas reacciones químicas reversibles donde se necesita calor para disociar un producto químico. Todo este calor (o casi todo) se recuperará más tarde, cuando se lleve a cabo la reacción de síntesis.

Atendiendo al concepto de almacenamiento, los TES se pueden clasificar como activos o pasivos. Los sistemas de almacenamiento activo implican la transferencia de calor por convección forzada en el material de almacenamiento, ya sea directamente con los medios de almacenamiento (sistemas directos) o indirectamente, siendo el fluido de transferencia de calor y los medios de almacenamiento sustancias diferentes. En los sistemas de almacenamiento pasivo no circula el medio de almacenamiento térmico en sí. (34)

Un proceso de almacenamiento completo implica al menos tres etapas: la carga, el

almacenamiento y la descarga. En sistemas prácticos, algunos de estos pasos se pueden dar simultáneamente, y cada paso puede ocurrir más de una vez en cada ciclo de almacenamiento. (35)

En la actualidad sólo se han utilizado en plantas de energía solar los sistemas de almacenamiento de calor sensible, aunque los otros dos sistemas; sistemas de almacenamiento latente y sistemas de almacenamiento por calor químico ofrecen algunas ventajas y son las tecnologías de almacenamiento objetivo para las futuras plantas. (4)

En los sistemas de almacenamiento latente son sistemas pasivos, al no circular el fluido de almacenamiento térmico, donde la energía térmica se puede almacenar casi isotérmicamente en algunas sustancias como calor latente de cambio de fase, principalmente la transición sólido-líquido y las sustancias utilizadas en esta tecnología son los llamados materiales de cambio de fase. Entre las referencias más exhaustivas relacionadas con materiales de cambio de fase, se puede citar a Belén Zalba y otros (36), (37), que recoge un listado de 150 materiales utilizados como PCM, 45 de ellos disponibles comercialmente, con sus propiedades termofísicas. En ellas encontramos una completa revisión de los tipos de materiales utilizados, su clasificación, características termofísicas (conductividad térmica, viscosidad, calor latente, calor específico, densidad, etc.), ventajas y desventajas, y las diversas técnicas experimentales utilizadas para determinar su comportamiento en puntos de fusión y solidificación.

Se destaca que estos materiales tienen una baja conductividad térmica, lo que supone un problema al reducir la tasa de velocidad de carga y descarga.

Los sistemas de almacenamiento térmico por calor sensible son sistemas activos, ya que se hace circular un fluido, pero pueden ser: directos o indirectos, en función de si el fluido de transferencia de calor (Heat Transfer Fluid, HTF) es el mismo (o no) que el fluido de almacenamiento térmico.

Los Sistemas de almacenamiento térmico directo activos se caracterizan por poder utilizar el HTF del campo solar también como material de almacenamiento. Esto significa que el material debe poseer a la vez características para ser un buen HTF y un buen material de almacenamiento.

El uso de sales fundidas o vapor como HTF y material de almacenamiento al mismo tiempo elimina la necesidad de costosos intercambiadores de calor y permite que el campo solar funcione a temperaturas superiores a la que permiten los fluidos de transferencia de calor actuales. Esta combinación también permite una reducción sustancial en las cunas de sistema de TES, mejorar el rendimiento de la planta y reducir el coste eléctrico nivelado (Leveled Electric Charge, LEC).

Por contra, las sales fundidas, se congelan (solidifican) a temperaturas relativamente altas (120-220 °C), y esto significa que hay que procurar que la sal no se congele en la tubería del campo solar durante la noche. Por lo tanto, la operación de protección contra la congelación debe ser realizada rutinariamente, aumentando los costos de mantenimiento y operación (M&O).

Medio de almacenamiento	Temperatura °C		Densidad media (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica media (W/mK)	Capacidad calorífica media (kJ/kg K)	Calor específico de volumen kWh <sub>t</sub> /m <sup>3</sup>	Costos de soporte por kg (US \$/kWh t)	Costos de soporte por kWh <sub>t</sub> (US \$ / kWh <sub>t</sub> )
	Frío	Caliente						
Aceite de arena-roca-mineral	200	300	1700	1.0	1.30	60	0.15	4.2
Hormigón armado	200	400	2200	1.5	0.85	100	0.05	1.0
NaCl (sólido)	200	500	2160	7.0	0.85	150	0.15	1.5
hierro fundido	200	400	7200	37.0	0.56	160	1.00	32.0
acero fundido	200	700	7800	40.0	0.60	450	5.00	60.0
Ladrillos refractarios de sílice	200	700	1820	1.5	1.00	150	1.00	7.0
ladrillos refractarios de magnesia	200	1200	3000	5.0	1.15	600	2.00	6.0

Tabla 1. Características principales de los materiales sólidos para almacenamiento de calor sensible (38), (39)

Medio de almacenamiento	Temperatura °C		Densidad media (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica media (W/mK)	Capacidad calorífica media (kJ/kg K)	Calor específico de volumen kWh <sub>t</sub> /m <sup>3</sup>	Costos de soporte por kg (US \$/kWh t)	Costos de soporte por kWh <sub>t</sub> (US \$ / kWh <sub>t</sub> )
	Frío	Caliente						
Sal solar HITEC	120	133	-	-	-	-	-	-
Aceite mineral	200	300	770	0.12	2.6	55	0.30	4.2
Aceite sintético	250	350	900	0.11	2.3	57	3.00	43.0
Aceite de silicona	300	400	900	0.10	2.1	52	5.00	80.0
Sales de nitrito	250	450	1825	0.57	1.5	152	1.00	12.0
Sales de nitrato	265	565	1870	0.52	1.6	250	0.50	3.7
Sales de carbonato	450	850	2100	2.0	1.8	430	2.40	11.0
Sodio líquido	270	530	850	71.0	1.3	80	2.00	21.0

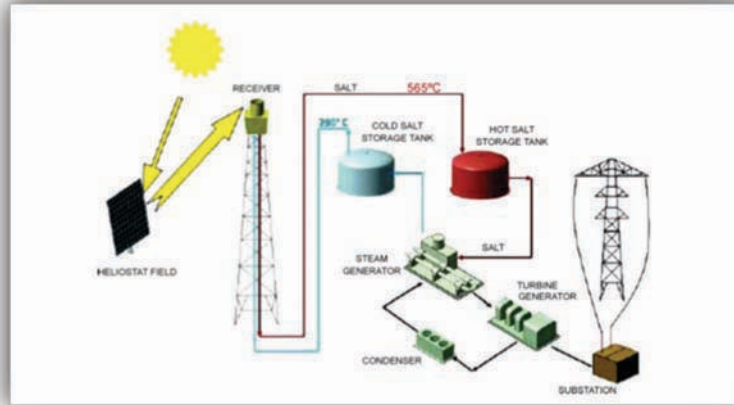
Tabla 2. Características principales de los materiales líquidos para almacenamiento de calor sensible (38), (40)

Por otro lado, los resultados reportados por D. Kearney concluyeron que el uso de la sal fundida como HTF sólo tiene sentido económico si la planta solar incluye un sistema de almacenamiento térmico (41), (31).

Las sales fundidas como ya hemos mencionado (Tabla 2), tienen el problema de solidificar a temperaturas considerablemente altas, así que se ha de prestar especial atención a este hecho. Por eso el HTF se hace circular a través del campo solar durante toda la noche, a fin de mantener la tubería caliente y evitar gradientes térmicos críticos. Si la temperatura del HTF cae por debajo de un cierto valor, se utiliza un calentador auxiliar para mantener el valor mínimo de seguridad.

Uno de los sistemas directos activos más utilizado es el sistema directo de dos tanques, que consiste en un sistema de almacenamiento donde el HTF se almacena directamente en un tanque caliente, con el fin de utilizarlo durante períodos nublados o noches. El HTF enfriado se bombea al otro tanque, el tanque frío, donde permanece a la espera de ser calentado una vez más (42), (43).

La figura 4 muestra el esquema de la planta Solar Tres, que utiliza sales fundidas (NaNO<sub>3</sub> y KNO<sub>3</sub>) como HTF. Solar Tres se sitúa en Fuentes de Andalucía, cerca de Sevilla (España) y fue construida en 2008.



**Diagrama de un sistema de energía solar de torre. El campo de heliostatos refleja la radiación solar hacia el receptor en la torre, calentando el salmuer (565°C). Este se almacena en un tanque de almacenamiento de sal caliente y se utiliza para calentar un generador de vapor, que impulsa un generador de turbina. El vapor se condensa y se devuelve al generador de vapor. El salmuer se enfría en un tanque de almacenamiento de sal fría y se devuelve al receptor.**

El sistema de energía solar de torre es un tipo de energía renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad. El campo de heliostatos refleja la radiación solar hacia el receptor en la torre, calentando el salmuer (565°C). Este se almacena en un tanque de almacenamiento de sal caliente y se utiliza para calentar un generador de vapor, que impulsa un generador de turbina. El vapor se condensa y se devuelve al generador de vapor. El salmuer se enfría en un tanque de almacenamiento de sal fría y se devuelve al receptor.

Este sistema de energía solar de torre es un tipo de energía renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad. El campo de heliostatos refleja la radiación solar hacia el receptor en la torre, calentando el salmuer (565°C). Este se almacena en un tanque de almacenamiento de sal caliente y se utiliza para calentar un generador de vapor, que impulsa un generador de turbina. El vapor se condensa y se devuelve al generador de vapor. El salmuer se enfría en un tanque de almacenamiento de sal fría y se devuelve al receptor.

El sistema de energía solar de torre es un tipo de energía renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad. El campo de heliostatos refleja la radiación solar hacia el receptor en la torre, calentando el salmuer (565°C). Este se almacena en un tanque de almacenamiento de sal caliente y se utiliza para calentar un generador de vapor, que impulsa un generador de turbina. El vapor se condensa y se devuelve al generador de vapor. El salmuer se enfría en un tanque de almacenamiento de sal fría y se devuelve al receptor.

El sistema de energía solar de torre es un tipo de energía renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad. El campo de heliostatos refleja la radiación solar hacia el receptor en la torre, calentando el salmuer (565°C). Este se almacena en un tanque de almacenamiento de sal caliente y se utiliza para calentar un generador de vapor, que impulsa un generador de turbina. El vapor se condensa y se devuelve al generador de vapor. El salmuer se enfría en un tanque de almacenamiento de sal fría y se devuelve al receptor.

de entrada de 291 °C a una temperatura de salida de 384 °C, y después se almacena en el tanque de almacenamiento caliente. Durante el ciclo de descarga, los caminos de flujo de aceite y sal se invierten en el intercambiador de calor de aceite a la sal. El calor se transfiere de la sal al aceite para proporcionar la energía térmica al generador de vapor.

Las ventajas del sistema indirecto dos tanques son: los HTF frío y caliente se almacenan por separado, y el material de almacenamiento sólo fluye entre los tanques fríos y calientes, no a través de los colectores cilindro-parabólicos. Las desventajas son las mismas que en los dos sistemas directos de tanques.

Otro sistema de almacenamiento indirecto activo es el sistema de tanque único (denominados termoclina), donde los fluidos caliente y frío se almacenan en el mismo tanque. Este sistema ofrece la posibilidad de reducir el coste de un sistema directo de almacenamiento de dos tanques. Aquí los fluidos caliente y frío se separan debido a la estratificación en la zona comprendida entre los fluidos caliente y frío. El sistema de almacenamiento termoclina cuenta con el fluido caliente en la parte superior y el fluido frío en la parte inferior. En estos sistemas, el HTF que llega desde el campo solar pasa a través de un intercambiador de calor, que calienta el medio de almacenamiento térmico. Este líquido se almacena en un solo tanque. Por lo general, se utiliza un material de relleno para ayudar al efecto termoclina. Los estudios experimentales realizados hasta ahora han encontrado que el material de relleno actúa como el medio de almacenamiento térmico primario, pero la selección de otro tipo de almacenamiento y material de relleno pueden cambiar esto.

Sandia National Laboratories identificó las rocas de cuarcita y arenas silíceas como materiales de relleno potenciales (46). Los resultados demostraron que ambos materiales parecen capaces de contener la sal fundida bastante bien (sin deterioro significativo).

Dependiendo del coste del fluido de almacenamiento, termoclina puede suponer en un sistema de almacenamiento un bajo coste. Este sistema tiene una ventaja adicional: la mayor parte del fluido de almacenamiento puede ser reemplazada con un material de relleno de bajo coste, por ejemplo, roca cuarcita y arena.

Las ventajas del sistema termoclina tanque único son: disminución de los costes de los depósitos de almacenamiento, ya que este sistema utiliza un solo tanque, el bajo costo de los materiales de relleno (piedras y arena), por lo tanto, de acuerdo con Brosseau et al. (46), el sistema de termoclina es aproximadamente un 35% más barato que el sistema de dos tanques de almacenamiento.

Las desventajas son puntos relativamente altos de congelación de la mayoría de las formulaciones de sales fundidas (es necesario para mantener una temperatura mínima del sistema para evitar la congelación y la disociación de sal), es más difícil separar el HTF caliente y frío; las unidades de temperatura de salida altas da un aumento de pérdidas en el campo solar, el mantenimiento de la estratificación térmica requiere una carga controlada y procedimiento de descarga, y métodos o dispositivos apropiados para evitar la mezcla; el diseño del sistema de almacenamiento es complejo, y termodinámicamente es una planta de energía ineficiente (38).



características, se estudió un nuevo hormigón de alta temperatura que mejoraba su comportamiento.

Para el almacenamiento con materiales líquidos, se han probado una variedad de fluidos para transportar el calor, incluyendo el agua, aire, aceite, y de sodio, antes de concluir que las sales fundidas son la mejor opción. Las sales fundidas se utilizan en sistemas de torres de energía solar, ya que son líquidos a presión atmosférica, proporcionar un medio rentable para almacenar la energía térmica, sus temperaturas de funcionamiento son compatibles con las turbinas de vapor de alta presión y alta temperatura, no son inflamables, no son tóxicas. Además, las sales fundidas se utilizan en las industrias químicas y de metales como fluido calor-transporte, por lo que la experiencia con los sistemas de sales fundidas existen para aplicaciones no solares. (49.), (50.).

Los dos principales candidatos son la llamada sal solar y una sal vendida comercialmente como HitecXL. La sal solar consiste en una mezcla binaria al 60% y 40% de  $\text{NaNO}_3$   $\text{KNO}_3$ , la sal se funde a  $221\text{ }^\circ\text{C}$  y se mantiene líquido a  $288\text{ }^\circ\text{C}$  en un tanque de almacenamiento en frío aislado.

La sal vendida comercialmente como HitecXL es una sal ternaria que consiste en 48% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 2,7%  $\text{NaNO}_3$ , y 45%  $\text{KNO}_3$  (51.), cuyo comportamiento se analizó en plantas de PSA y Themis. Esta sal se desarrolló como una segunda tentativa de Hitec (una mezcla eutéctica de 40%  $\text{NaNO}_2$ , 7%  $\text{NaNO}_3$  y 53%  $\text{KNO}_3$ , con  $142\text{ }^\circ\text{C}$  punto de fusión-congelación) (39), (51.)

Un laboratorio de investigación italiano, ENEA, ha demostrado la viabilidad técnica de la utilización de sales fundidas en un campo solar de colectores cilindro parabólicos con mezclas de sales que se congelan a  $220\text{ }^\circ\text{C}$ . Y Sandia National Laboratories están desarrollando nuevas mezclas de sal con el potencial de puntos de congelación por debajo de  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .

Experiencias lideradas por Kearny y Asociados (41), (46), evaluaron la opción de usar sales fundidas como HTF, y llegaron a la conclusión de la existencia de desventajas importantes, como el alto punto de congelación relativo de la mayoría de las sales fundidas, y el hecho de que sus elevadas temperaturas de salida significan pérdidas de calor del calor solar, que requieren tuberías y materiales más caros.

La Tabla 2 presenta las características de los diferentes materiales utilizados en el almacenamiento de calor sensible. Dentro de los materiales presentados, la HITEC Solar sal, una sal de nitrato comercial desarrollado y utilizado en la planta solar Themis y PSA está incluido. Su composición de esta sal ternario es 44%  $\text{CaNO}_3$ , 12%  $\text{NaNO}_3$ , y 44%  $\text{KNO}_3$ , y el rango de congelación más bajo es de aproximadamente  $120$  y  $133\text{ }^\circ\text{C}$ .





## **SOFTWARE DE SIMULACIÓN**



## 3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN.

### 3.1. Introducción.

El presente trabajo de investigación pretende dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo afectan las diferentes propiedades de las sales fundidas en la eficiencia de los diferentes componentes de la central?
- ¿Cómo es posible modificar estas propiedades de una forma viable económicamente?
- ¿Cuáles serían las propiedades óptimas de un fluido de transporte de calor y almacenamiento térmico de una planta de este tipo?

### 3.2. El programa SAM.

El Asesor de modelo del sistema (SAM) es un software que permite estudiar el rendimiento y el comportamiento financiero de una instalación de generación de energía, destinado a facilitar la toma de decisiones para las personas involucradas en la industria de las energías renovables.

SAM es un software disponible para descarga gratuita desarrollado inicialmente en 2006 por el National Renewable Energy Laboratory (NREL), en relación con el Sandia National Laboratories y en colaboración con el Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE) Programa de Tecnologías de Energía Solar. La versión actual de la SAM es la 2014.1.14, publicada en Enero de 2014 y normalmente se actualiza dos veces cada año, realizando mejoras en las capacidades existentes, y añadiendo nuevos sistemas de capacidad de potencia de modelado.



3. La interfaz de programación permite que programas externos interactúen con SAM. Existe una versión pública está disponible en el kit de desarrollo de software de SAM.

SAM calcula la producción total de electricidad de un sistema en kilovatios-hora para el primer año a partir de datos meteorológicos horarios para un lugar determinado, y las especificaciones físicas de los componentes del sistema de potencia. A continuación, calcula la producción total para los años siguientes sobre la base de un factor de degradación anual, de los flujos de efectivo anuales basados en los insumos financieros y económicos para determinar el coste normalizado de la energía y otros indicadores económicos.

SAM proporciona el coste y el rendimiento de proyectos de energías renovables que utilizan modelos informáticos desarrollados en NREL, los Laboratorios Nacionales Sandia, la Universidad de Wisconsin, y otras organizaciones. Cada modelo de desempeño representa una parte del sistema, y cada modelo financiero representa la estructura financiera de un proyecto.

El código fuente de la simulación realizada por SAM y los módulos de cálculo no están disponible al público. Sin embargo, los manuales de referencia están disponibles para su descarga desde el sitio web de SAM y describen los algoritmos en cada uno de los módulos modelo de rendimiento.

Los modelos requieren datos de entrada para describir las características de rendimiento de los equipos físicos del sistema, los costes del proyecto y los supuestos financieros. La interfaz de usuario del SAM hace posible que personas sin experiencia en el desarrollo de modelos informáticos puedan construir un modelo de un proyecto de energía renovable, y hacer proyecciones de costes y rendimiento basados en los resultados del modelo.

Describir la fuente de energía renovable y de las condiciones meteorológicas en una ubicación de proyecto, SAM requiere un archivo de datos meteorológicos. Dependiendo del tipo de sistema que se está modelando, ya sea que usted elija un archivo de datos meteorológicos de una lista, descargar uno de Internet, o crear el archivo con sus propios datos.

SAM incluye varias bibliotecas de los datos de rendimiento y los coeficientes que describen las características de los componentes del sistema, como los módulos fotovoltaicos e inversores, receptores de colectores cilindro-parabólicos, turbinas eólicas y sistemas de combustión de bioenergía. Para los componentes, sólo tiene que elegir una opción de una lista, y SAM aplica valores de la biblioteca a las variables de entrada.

SAM puede descargar automáticamente datos y rellenar los valores de las variables de entrada de las siguientes bases de datos en línea:

- DSIRE de incentivos estadounidenses.
- Base de datos OpenEI Utility Cambio de las estructuras de tarifas de electricidad al por menor para los servicios públicos de los Estados Unidos.
- NREL Solar Prospector de datos de recursos solares y las condiciones climáticas del ambiente.
- NREL viento integración conjuntos de datos para los datos de recurso eólico.
- NREL Biocombustibles Atlas y DOE Billion actualización Ton de datos de recursos de biomasa.
- Base de datos NREL recurso geotérmico de datos de temperatura y profundidad.

Para las variables de entrada restantes, se puede usar bien el valor por defecto o cambiar su

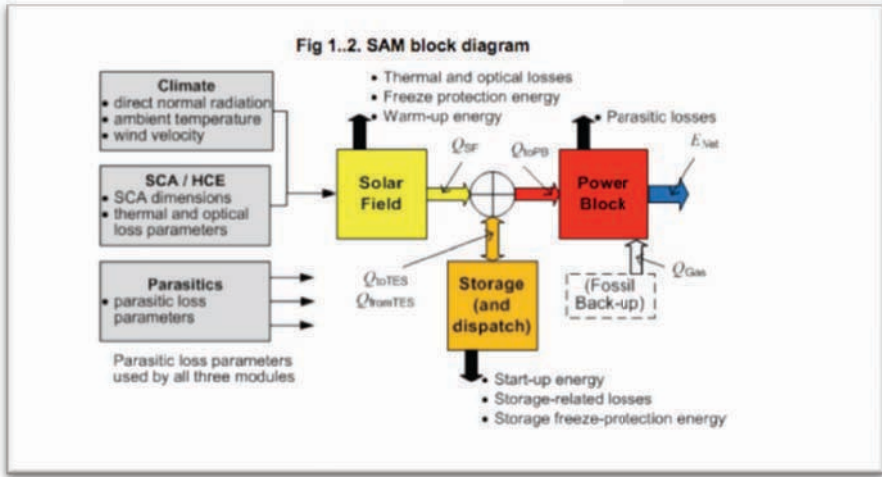
galm

?

laycm d f plmæs q, jEls væs c é p e p m d m v j a y j s c s v s p

- m v m v m v s q c v e l n j o c z c n l y h s c e m p e m f p, p e s c i y j m v z c n e s e n e, p z c a s c j s, e h m e m v m v s l a p, m h s n e m v m v s v e s p e s s, , p h m v m v s v e s p s, p n j o c e n e c e s c j f j s c e m
- p l a z f s, m e s f o e y l m v c g s, v m s v z l e j p m e s v s a y j f j s c e m p e m v m v s v e s p s e y n j o c e s p m e s c n j e p, p q c v e l n j m c s v m e n g m l e j n e v
- p m s n e m p h s l e j p m e s, s n s p e m z f z l e j p l s v e m l, z n p e n j e p e s p e f e n s c e f j s c e m p e m v m v s n p e n j e p e s l e m i y s e s p m e s c n j e p, p v j v s f p v e s e n t s n e m s v a j l j c e, m p, p e o l j m v
- p s, o r e m e s e c l j v v z e v z s l e s e s v n y s c e m p e m v e s q c r l n j o c z e v e v m e s f p y s v e m z e p e v e c s, c e s p e s e m c m e s e s v e j m m l a p, s n j m e s m f p, p e s c c s, a p p, p m v m e s l m v e s r j c p c n j n j o c e s v s, g j n m p z e l j n m v
- l a v e a, j r v e f j c m j v e v e s e n, a p h e m v e y n j o c e s p e m p e s l a y m e s p m v m e s l m v e s r j c p c n j e f j s c e m m f s, n j e h s v j e s c n j e p
- f m e m v e v e s f p y s v e m z c n s c e g m v c s r s n e g m

l a y j a y j s c s v i y s f p f y s v e p z l e j a, p f p e s l e m i y s v m c e l a y s h y c n j m p z l a p, m a, p f p p p p s p



e m p o l z p e l p d p a n d r f m i n d p p z

?

## **SIMULACIONES**





# ÓP 222 2 22 222 2 222

## ÓP P 2t 22id 22dBn b?? dmAnRdt n 22t ??Aí??Anu 2iP?

22hs cé 2123 vé e j2, 2p, s vs cé 222Vjay js c és v22, 2nés, 2vén2v52

?

## ÓP P P22 22uA frud22R??AnA 2iAR??Aí??i2nu2??

?

2dí LRRe0G	2m, s
220G	2y, 2r, jn22
2.Mh2nG	2 pjc a érc 2
2de.YL G	22Em2s l22 m és 2
22A2RL e22RÍ 2T32í .YL G	V\$G/V'2UÉ 2"22y, 22UGÉ'2y / 2"22vés 2
2 dL dI 2í .YL 2nd22dí A.í .n2nG	U\$F 7FF22 2 b42qm22

22 2222222í 2í 2Aí 2Aí 2Nnd2222 2L A22

?



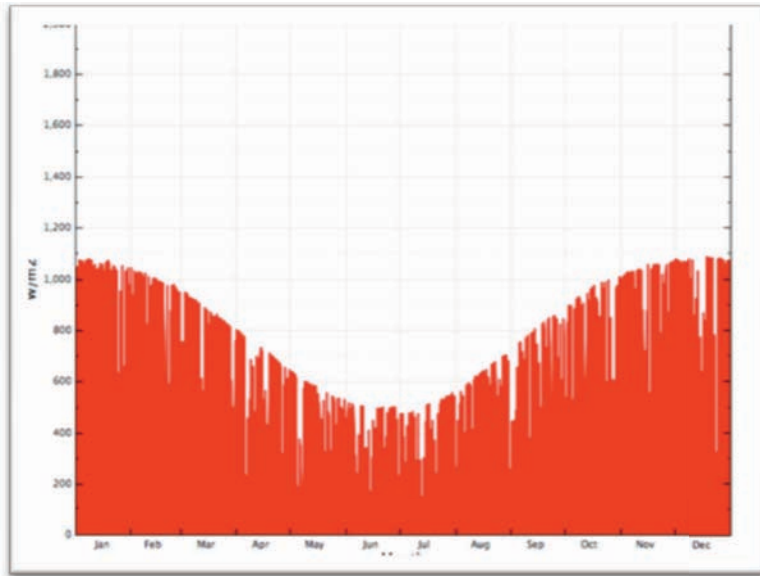
2.eM22222RÍ 2T32í .YL 2nd2222 2L A22



2.eM2222 22 2L A22

?

2 jnb22m2lj. 2njóc 2p, s vs cé 222m2Vjay js c és v22 2m s v22s 22ejn2njóc 52



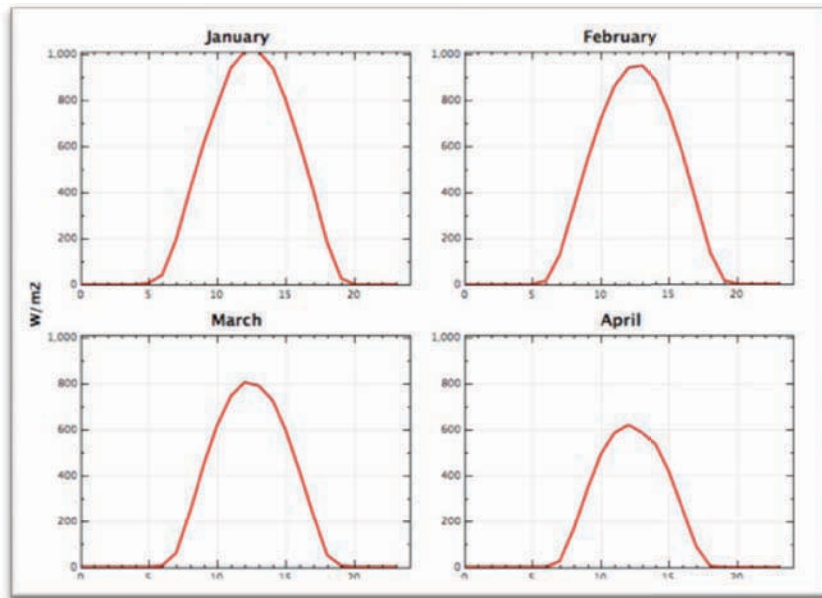
0.eM00000n.0í.YL00000L000

?

?

?

0 ys0pm0í svsv0s0e0jvé0jEyhsc0pm0ny0é0j0f své0sv0es000j0j0ys0c0és0m0f 050

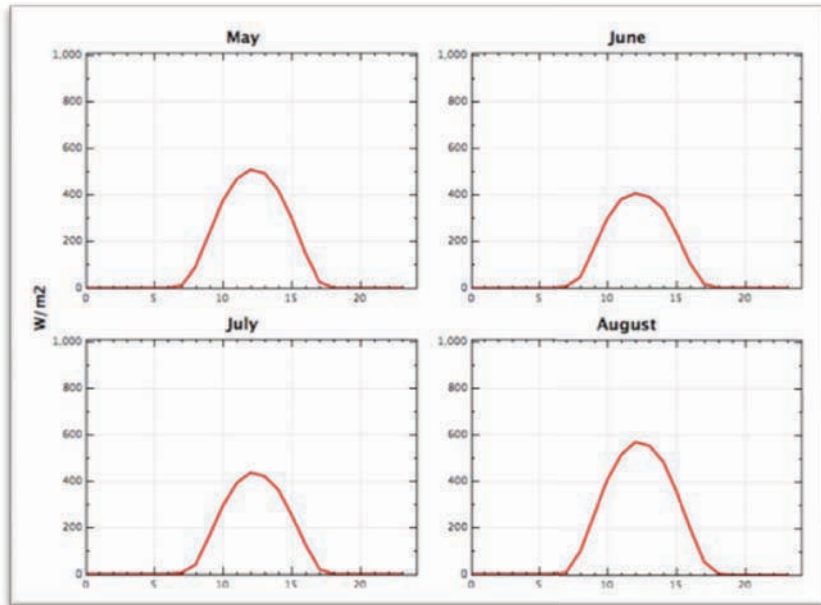


0.eM00000n.0í.YL00000CI.D0í0MA.D0N0dz0

?

?

?

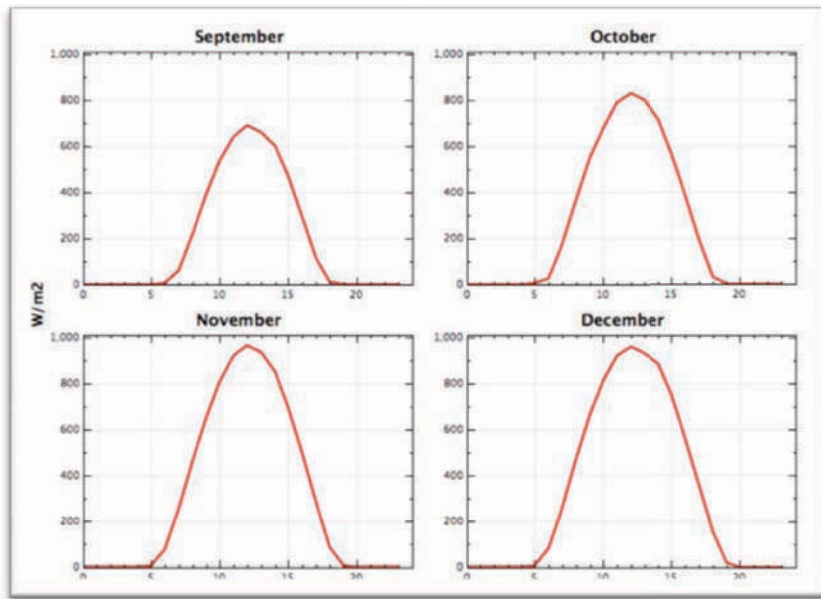


?.eM?00?0n.0í.YL?RTI?NEM.nRíMA.D dN dZ

?

?

?

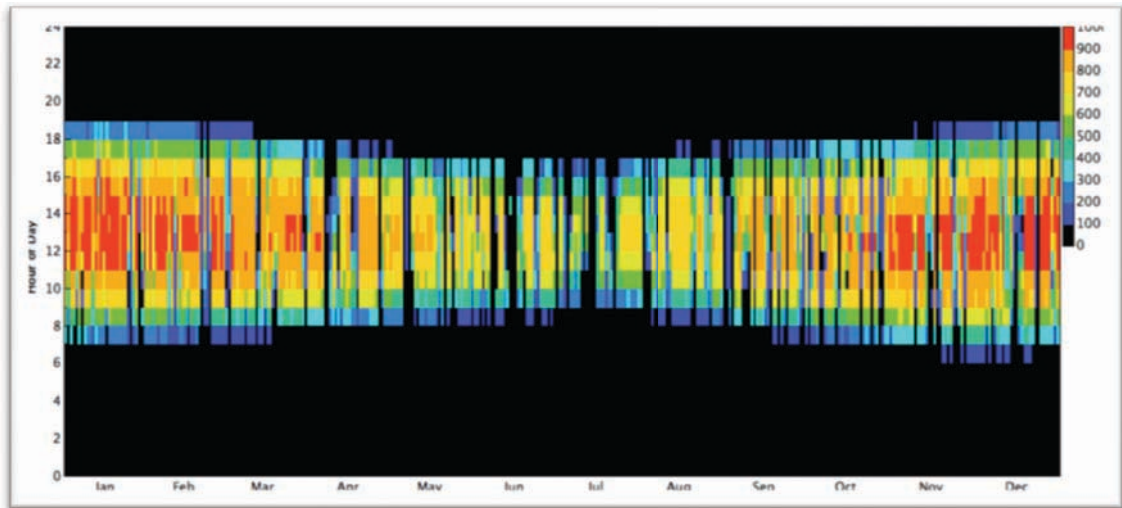


?.eM?00?0n.0í.YL?RTI?Adí dÍ MA.D dN dZ

?

?

mc?c?],?ej?njóct mf ?Ej,sné?As?f ??mf ?Ejvé,jEje?Es?E?Vjays?és? ?cs,?5?



?.eM??( ??n.?.Y.L??RID ???.í.dí.??

?

### Ó? R? t ngrÍ ??dBn ??Aí??i?nu??

?

??D CR??TÍ ?	
??Mdi c.í.d?nd??D CR??TÍ ?	ÁQ ?FF? ?
??ÁD dl R?nd?? dTRN?ARN?	É?VF?
??Id?nd?? Cdi AM ?nd??RN? dTRN?ARN?	UÉF? ? ?
??TAM?nd????RIId?	VFF? ?
?.CR?nd??TMnR?nd??.LNdldL.í.?.ndí ?TRI ?	??ay?4??pm?
??TRFM?nd??RA dL.í.??	
??C?í.n?n?nd????M .L??I M?X?	ÁF? ? ?
??C?í.n?n?nd????M .L?? dA?X?	ÁF? ? ?
?.CR?nd??Tn?	??ci jcs??pm?
??i ARnR?nd??Ld.?.D.dLAR?	??sr,jas,?njóc?c?vs nm?
??D ?í dL?D.dLAR?i ID.íR?	
?.CR?nd??D ?í dL?D.dLAR?	??Is v?yceje??V?
??C?í.n?n?nd??D ?í dL?D.dLAR?	V?m??V?
??dNí.Cí.YL?nd??D ?í dL?D.dLAR?i ID.íR?	??pm??éy,??em?

?? ?n??RLceM?í.YL?nd???.L??

?

## 4.2. Definición de los parámetros de operación de la central.

### 4.2.1. Location and resource.

Se considera la localización de la planta en Ciudad del Cabo.

#### 8.2.1.1. Weather Data File. Fichero de datos meteorológicos.

Descargamos de la web:

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather\\_data3.cfm/region=1\\_africa\\_wmo\\_region\\_1/country=ZAF/cname=South%20Africa](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=1_africa_wmo_region_1/country=ZAF/cname=South%20Africa) el fichero que contiene la información necesaria.

#### 8.2.1.2. Location Information.

Las variables de información de ubicación muestran datos del archivo datos meteorológicos que describe la ubicación. Estas variables no se pueden editar, las rellena automáticamente el programa.

#### *Weather Data Information (Annual).*

SAM calcula y muestra los totales anuales y promedios de cuatro de las columnas de datos por hora desde el archivo de datos meteorológicos en las variables de información de datos meteorológicos.

### 4.2.2. Heliostat Field.

#### *Heliostat Properties. Propiedades de los Heliostatos.*

- **Heliostat Width.** Se considera una anchura de **12,01** m.
- **Heliostat Height.** Se considera una altura de **12,0175** m.
- **Ratio of reflective área to profile:** La fracción de la zona definida por la anchura y la altura de los heliostatos que en realidad refleja la luz solar. Este valor determina la relación del área reflectante de cada heliostato y la

superficie total proyectada de los mismos en un plano normal a la superficie de helióstatos. La proporción representa el área no reflectante en el helióstato que puede provocar sombras en los helióstatos vecinos. Se considera por defecto que el **97 %** del área es reflectiva.

- **Usar heliostatos circulares.** Se consideran **rectangulares**.
- **Área del heliostato.** Se calcula en **140 m<sup>2</sup>**.
- **Mirror reflectance and soiling.** La reflectancia especular solar ponderada es la fracción de la radiación solar incidente reflejada en un ángulo sólido determinado por la dirección de reflexión especular. La elección apropiada para el ángulo sólido que es subtendido por el receptor tal como se ve desde el punto en la superficie del espejo de la que se refleja el rayo. Se considera **0,9** que correspondería a un vidrio de 4 mm utilizado en colectores cilindro parabólicos.
- **Heliostat Availability.** Un factor de ajuste que tiene en cuenta la reducción de la producción de energía debido a la inactividad de algunos heliostatos en el campo por mantenimiento y reparación. Un valor de 1 significa que todos los helióstatos del campo solar operan siempre con suficiente energía. SAM multiplica la salida del campo solar para cada hora por el factor de disponibilidad. Se considera **0,99**.
- **Image Error.** Una medida de la desviación de la imagen real en los helióstatos respecto de la imagen esperada o ideal que ayuda a determinar la forma general y la distribución del flujo solar reflejado en el receptor. Este valor especifica la distribución de error cónico total para cada helióstato en una desviación estándar en radianes. SAM aplica el valor a cada uno de helióstatos en el campo, independientemente de su distancia a la torre. Representa el error de imagen para todas las fuentes de error, incluyendo la imprecisión de seguimiento, movimiento fundación, espejo ondulación, problemas de alineación del panel, la refracción atmosférica y la influencia de la torre. Se considera **0,00153 rad**.
- **Heliostat Stow Deploy Angle, degrees.** Ángulo de elevación solar por debajo del cual el campo de helióstatos no funcionará. Se considera **8 grados**.
- **Wind Stow Speed.** La velocidad del viento a partir del archivo clima en el que los heliostatos desenfocan y entran en posición replegada. A velocidades de viento superiores a la velocidad Stow, SAM asume que los helióstatos se mueven a la posición de colocación para proteger la superficie del espejo y la estructura de apoyo de daños por el viento. SAM da cuenta de la potencia de rastreo parasitaria requerido para guardar los heliostatos, y para cambiar la posición de ellos cuando la velocidad del viento es inferior a la velocidad de colocación. Se considera **15 m/s**.

***Circular Field Optimization Wizard. Asistente para la optimización del campo circular.***

El asistente de optimización de la torre de energía simplifica la tarea de elegir los valores para el número relativamente grande de parámetros de entrada necesarios para especificar el campo solar de torre y receptor.

Debido a que el campo de helióstatos es típicamente el costo más elevado de un proyecto de torre de energía, entre un 30-40% del coste total de la instalación, optimizar el tamaño del campo de helióstatos es un paso crítico en la reducción del coste total del proyecto.

El asistente busca en la optimización de un conjunto de valores de los parámetros del sistema óptimos, donde el sistema óptimo se define como el que da como resultado el costo nivelado de energía más bajo.

El Código subyacente del asistente se basa en el código DELSOL3 de Sandia National Laboratories disponible en [http://energy.sandia.gov/?page\\_id=6530](http://energy.sandia.gov/?page_id=6530), y se implementa en SAM a través del programa PTGen descrito en la tesis Simulación y Modelado de rendimiento predictivo de Las plantas a escala comercial de Receptor Central sistema de alimentación (47).

Introducimos los siguientes valores:

- **Solar multiple.** La proporción de la producción térmica de diseño del receptor de potencia térmica de diseño del bloque de potencia. El múltiplo solar óptimo depende de la configuración del sistema, la ubicación de la planta, y el recurso solar. El punto de diseño supone que es de  $950 \text{ W/m}^2$  de radiación solar directa normal al mediodía solar del día 81 del año, alrededor del equinoccio de primavera. Se considera **2,4**.
- **Min Receiver Diameter (m).** El valor mínimo para el rango de valores de diámetro del receptor para el que el asistente buscará una solución óptima. Se considera **10 m**.
- **Max Receiver Diameter (m).** El valor máximo para el rango de valores de diámetro del receptor para el que el asistente buscará una solución óptima. Se considera **20 m**.
- **Optimization Levels for Receiver Diameter.** El número de valores de diámetro del receptor para evaluar en la búsqueda de una solución óptima. El número máximo permitido de niveles de optimización es de 10. Se considera **10**.
- **Min Receiver Height / Diameter Ratio.** La altura mínima del receptor al receptor diámetro para el rango de valores que el asistente buscará la solución óptima. Se considera **0,8**.
- **Max Receiver Height / Diameter Ratio.** La altura máxima de receptor a receptor diámetro para el rango de valores que el asistente buscará la solución óptima. Se considera **1,6**.
- **Optimization Levels for Receiver H/D Ratio.** El número de la altura de receptor a los valores de relación de diámetro para evaluar en la búsqueda

de una solución óptima. El número máximo permitido de niveles de optimización es de 10. Se considera **10**.

- **Min Tower Height (m)**. El valor mínimo para la altura de la torre. El asistente buscará una solución óptima. Se considera **205 m**.
- **Max Tower Height (m)**. El valor máximo para la altura de la torre. El asistente buscará una solución óptima. Se considera **205 m**.
- **Optimization Levels for Tower Height**. El número de valores de altura de la torre a evaluar en la búsqueda de una solución óptima. El número máximo permitido de niveles de optimización es de 10. Se considera **10**.

#### ***Field parameters. Parámetros de campo.***

- **Total Reflective Area, m<sup>2</sup>**. Superficie total reflejante del campo de heliostatos, igual a la superficie reflectante de los heliostatos, multiplicado por el número de heliostatos. SAM la calcula en **576801,1 m<sup>2</sup>**.
- **Number of Heliostats**. El número total de heliostatos individuales en el campo. SAM muestra el número de heliostatos basado en el resultado del asistente de optimización. Se calcula en **4120**.
- **Radial Step Size for Layout, m**. La distancia radial entre los centros de las zonas de campo de heliostatos. Los centros zonales se indican mediante el símbolo + en el diagrama que muestra el diseño de zona se muestra en la página Heliostat campo.
- En el modo de coordenadas xy, SAM desactiva la variable tamaño de paso radial.
- Cuando se utiliza el Asistente de optimización para especificar el campo, SAM calcula el tamaño del paso radial en función de las distancias mínimas y máximas iniciales de la torre, la que a su vez calcula en función de la relación entre la altura optimizado torre al mínimo y la máxima altura de la torre se especifica en la ficha Receptor/Tamaño de torre del asistente de optimización. Se calcula en **115,312 m**.

#### ***Solar Field Layout Constrains. Restricciones de diseño del campo solar.***

- **Max Heliostat Distance to Tower Height Ratio**. La relación máxima de la distancia desde el heliostato más lejano al punto más alto de la torre. Se considera **7,5 m**.
- **Min Heliostat Distance to Tower Height Ratio**. La relación máxima de la distancia desde el heliostato más cercano al punto más alto de la torre. Se considera **0,75**.
- **Tower Height, m**. La altura de la torre en metros. Se calcula en **205 m**.
- **Max distance from Tower**. La distancia máxima radial admisible en metros entre el centro de la base de la torre y los heliostatos más alejados de la torre. Se calcula **1537,5 m**.



- **Min Distance from Tower, m.** La distancia mínima radial admisible en metros entre el centro de la base de la torre y los helióstatos más alejados de la torre. Se calcula en **153,75 m**.
- **Max. realized distance from tower.** Se calcula en **845,625 m**.

#### ***Mirror Washing. Lavado de los Espejos.***

- **Water usage per wash.** El volumen de agua en litros por metro cuadrado de superficie de apertura de campo solar necesario para el lavado periódico del espejo. Se considera **0,7 l/m<sup>2</sup>**.
- **Washes Per Year.** Número de veces por año que se lavan espejos helióstatos. Se considera **63 veces al año**.

#### ***Land Area. Superficie terrestre.***

- **Non-Solar Field Land Area, acres.** La superficie en hectáreas ocupadas por el proyecto, que no incluye el campo de helióstatos. Se considera **15 acres**.
- **Solar Field Land Area Multiplier.** La zona del campo solar total de la tierra, incluyendo el área ocupada por los helióstatos y espacio entre heliostatos, expresado como un múltiplo de la zona ocupada por los helióstatos. Se considera **1**.
- **Calculated Total Land Area, acres.** Superficie de terreno necesaria para el sistema completo, incluyendo el área de terreno del campo solar. Se calcula en **489 acres**.

#### ***Especificación del Campo***

SAM permite que las ubicaciones de helióstatos en el campo para especificar ya sea por un conjunto de coordenadas rectangulares (XY) o como un número de helióstatos por sección radial del campo (número de zonas radiales y acimutales).

- **Span Angle.** Para los receptores externos del ángulo el abarque debe ser de 360°. Se considera **360°**.
- **Radial and Azimuthal Zones.** Para especificar el campo como un número de heliostatos por zona radial Introduce el número de zonas radiales y zonas azimutales para dividir el campo de helióstatos en zonas radiales que aparecen en el diagrama de campo. A continuación, podemos especificar el campo de forma manual o automática. Para especificar el campo de forma manual, bien escribiremos los valores del número de la tabla Helióstatos por zona o importar los datos como un archivo de texto. Para especificar el campo de forma automática, utilizaremos el asistente de optimización para especificar un conjunto de parámetros de optimización y permitir a SAM optimizar el diseño del campo de helióstatos y calcular el número óptimo de heliostatos por zona, receptor, altura de la torre, la altura y el diámetro del receptor, y otras variables. Se considera **12 y 12**.

### 4.2.3. Tower and Receiver. Torre y receptor.

La página de la Torre y el receptor muestra las variables que especifican la geometría del sistema de recogida de calor. El modelo de receptor utiliza la transferencia de calor semi-empírica y las relaciones termodinámicas para determinar el rendimiento térmico del receptor. Esto permite que el modelo pueda representar una amplia gama de geometrías sin desviarse de un sistema ficticio de referencia. (47) y (48).

El modelo hace ciertas suposiciones acerca de la geometría del sistema de receptores externos:

- El receptor consta de un número discreto de paneles.
- Cada panel en el receptor se compone de un conjunto de tubos paralelos en contacto térmico que comparten un fluido de transferencia de calor común (HTF).
- La tubería panel es vertical y el fluido de transferencia de calor fluye a través de cada panel secuencialmente siguiendo un patrón de serpentin (hasta un panel y hacia abajo el panel adyacente).
- El número de tubos por panel es una función de la cantidad de paneles, Receptor Diámetro y Tubo variables de diámetro exterior.

El modelo varía la tasa de flujo de masa de fluido de transferencia de calor a través del receptor para mantener la temperatura del fluido de transferencia de calor de salida requerida. El modelo incluye varias salvaguardias prácticas para garantizar un comportamiento realista en el receptor. Por ejemplo, la tasa de flujo de masa a través del receptor se limita al valor de la máxima velocidad de flujo al receptor variables, y la temperatura máxima de transferencia de calor receptor de entrada de fluido se mantiene a un valor por debajo del valor de la temperatura máxima al receptor variable.

SAM permite varias opciones para los patrones de flujo de fluido de transferencia de calor a través del receptor, como se indica por los diagramas en la página receptor/torre. La variable de patrón de flujo especifica la ruta tomada por el fluido a medida que pasa a través del receptor. Las opciones incluyen un círculo completo alrededor del receptor, un camino de división alrededor del receptor, y una fracción de paso con un solo cruce.

#### ***External Receiver VS Cavity Receiver. Receptor externo frente a receptor de cavidad.***

SAM crea modelos de sistemas de torre, ya sea con un receptor externo o receptor de cavidad. En nuestra simulación hemos seleccionado Receptor externo puesto que el Span Angle lo hemos fijado en 360 ° y los de cavidad no admiten ese ángulo.

**External Receiver. Receptor externo.**

SAM rellena estos campos con los valores óptimos obtenidos a partir del asistente de diseño del campo de heliostatos.

- **Receiver Height, m.** Altura en metros de los paneles del receptor. El asistente lo calcula en **23,51 m**.
- **Receiver Diameter, m.** Diámetro total en metros del receptor. La distancia del centro del receptor hacia el centro de un panel receptor. La anchura de un solo panel es la circunferencia del receptor dividido por el número de paneles. El asistente lo calcula en **15,56 m**.
- **Number of Panels.** Número de paneles verticales en el receptor. El asistente lo calcula en **20 paneles**.
- **Coating Emittance.** La emisividad de la capa de receptor, supone la emisividad del cuerpo negro constante en el rango de longitudes de onda. El asistente lo calcula en **0,88**.
- **Enable Night Recirculation through Receiver.** Con la circulación nocturna habilitada, cada vez que la radiación incidente sobre el receptor es cero, el fluido de transferencia de calor caliente circula a través del receptor para evitar que el fluido en el receptor solidifique. Para sistemas con almacenamiento, el sistema bombea fluido de transferencia de calor de almacenamiento en caliente. El fluido de transferencia de calor se asume para entrar en el receptor a la temperatura requerida para que salga el receptor a la temperatura de salida requerida, que representa las pérdidas térmicas. SAM ajusta la tasa de flujo de calor de transferencia de fluido masa en consecuencia. **Lo habilitamos**.
- **Recirculation Heater Efficiency.** Con la circulación nocturna habilitada, la eficiencia de conversión eléctrica-térmica del calentador se utiliza para suministrar energía térmica para evitar que el fluido de transferencia de calor del receptor solidifique. SAM calcula la electricidad del calentador basado en la energía de recirculación térmica requerida y la eficacia del calentador, y los informes de electricidad por hora requerida por el calentador como Par\_recirc\_htr en los resultados por hora. Lo fijamos en **0.9**.

**Materials and Flow. Materiales y Flujo.**

- **HTF Type.** Uno de los dos tipos de sal solar utilizadas para el fluido de transferencia de calor, también llamado el fluido de trabajo. (60% NaNO<sub>3</sub> 40% KNO<sub>3</sub> ó 46,5% LiF 11.5% NaF 42% KF). También se puede agregar un HTF definido por el usuario seleccionando la opción User-defined y haciendo clic en el botón Editar para abrir el editor de propiedades de HTF. Cuando el tipo de HTF es " definido por el usuario ", el botón Editar permite el acceso al editor de propiedades de HTF. En primera instancia, seleccionamos el **60% NaNO<sub>3</sub> 40% KNO<sub>3</sub>**.
- **Material Type.** El material de los tubos del panel receptor, típicamente una aleación de acero inoxidable. La versión actual de SAM permite sólo un tipo de material, **Stainless AISI316**.

- **Flow Pattern.** Una de las ocho configuraciones de flujo de fluido de transferencia de calor disponibles que se muestran en el diagrama. Para un receptor externo, las vistas son desde la parte superior del receptor, suponiendo que los paneles están dispuestos en un círculo alrededor del centro del receptor. Las flechas muestran la dirección del flujo de fluido de transferencia de calor en, a través y fuera de el receptor. Seleccionamos la **configuración 2**.

#### ***Cavity Receiver. Receptor de cavidad.***

SAM asume que el receptor cavidad se compone de cuatro paneles dispuestos en la circunferencia de un semicírculo.

- **Aperture Width.** La anchura del rectángulo en el plano de la abertura de la cavidad. Se fija en **15 m**.
- **Aperture Height To Width Ratio.** La relación de la altura de la abertura a la anchura de la abertura. Se fija en **1,2 m**.
- **Aperture Height.** La altura del rectángulo en el plano de la abertura de la cavidad:  $\text{Apertura Altura} = \text{Anchura de la abertura} \times \text{Apertura de altura a anchura}$ . Tenga en cuenta que la altura del receptor puede ser mayor que la altura de la apertura. El asistente lo calcula en **18**.
- **Lip to Height Ratio.** Diferencia entre la altura de apertura y la altura del receptor. Se fija en **0,1 m**.
- **Internal Panel Height.** La altura interior del panel:  $\text{Altura interna} = \text{Apertura Altura} \times (1 + \text{Lip Relación altura})$ . El asistente lo calcula en **19,8**.
- **Aperture Lip Height.** La altura del labio de apertura:  $\text{Apertura Lip Altura} = \text{Altura del panel interno} \times \text{Lip Relación Altura}$ . El asistente lo calcula en **1,98 m**.

#### ***Receiver Thermodynamic Characteristics. Características termodinámicas del Receptor.***

- **Tube Outer Diameter, mm.** El diámetro exterior en milímetros de la tubería que transporta el fluido de transferencia de calor a través de los paneles del receptor. El asistente lo fija en **40 mm**.
- **Tube Wall Thickness, mm.** El espesor en milímetros de las paredes de tubos individuales del panel receptor. El asistente lo fija en **1.25 mm**.
- **Required Outlet HTF Temp, °C.** La temperatura del punto de salida en grados Celsius para el fluido de transferencia de calor a la salida del receptor. El asistente lo establece en **574 °C**.
- **Max Temp to Receiver, °C.** La temperatura máxima admisible del fluido de transferencia de calor en la entrada del receptor. El asistente lo fija en **350 °C**.
- **Coating Absorptance.** Fracción de Absorción del revestimiento del tubo receptor. El asistente lo fija en **0,94**.
- **Heat Loss Factor.** Un factor de ajuste de la pérdida de calor del receptor que puede ser utilizado cuando el valor de la pérdida de calor calculado se desvía de un valor esperado. El valor por defecto es 1, que corresponde a no tener pérdida de calor. La pérdida de calor del receptor calculado es la suma de convección y radiación perdidas por el receptor, se informó en los

resultados por hora como Rec\_conv\_loss y Rec\_rad\_loss, respectivamente. El asistente lo fija en **1**.

- **Max Flow Rate to Receiver, kg/s.** La tasa máxima de flujo de fluido de transferencia de calor a la entrada del receptor. SAM calcula este valor como una función de la velocidad máxima del fluido de transferencia de calor en el receptor. El asistente lo calcula en **924,938 kg/s**.
- **Max Receiver Flux, kWt/m<sup>2</sup>.** El límite superior de la radiación solar incidente sobre el receptor que permite ser reflejada desde el campo de heliostatos. SAM asegura que las posiciones óptimas de tamaño de receptor y de heliostatos no produzcan un flujo receptor que exceda este valor. El asistente lo fija en **1000 kWt/m<sup>2</sup>**.

#### ***Design Operation. Diseño Operación.***

- **Solar Multiple.** Este valor lo rellena el asistente de optimización, pero se puede modificar para utilizar un valor diferente al calculado por el asistente. El múltiplo solar es la relación de potencia térmica de diseño del receptor de potencia térmica de diseño del bloque de potencia. El asistente lo fija en **2,4**.
- **Min receiver turndown fraction.** La fracción permisible mínima de la tasa de flujo máxima al receptor. El asistente lo fija en **0,25**.
- **Max receiver operation fraction.** La fracción máxima permisible de la velocidad de flujo máxima al receptor. SAM elimina heliostatos de operación si el caudal másico HTF supera el valor máximo permitido. El asistente lo fija en **1.2**.
- **Receiver design thermal power.** Producto de la potencia térmica múltiple y diseño del ciclo de energía solar en la página Ciclo de encendido. El asistente lo calcula en **332,039 MWt**.
- **Receiver startup delay time.** El tiempo en horas requeridas para iniciar el receptor. El receptor empieza siempre que la radiación incidente sobre el campo en la hora anterior es cero, y no hay suficiente energía térmica en la hora actual para cumplir el requisito de diseño térmico. SAM calcula la energía de puesta en marcha como el producto de la energía térmica disponible, tiempo de retardo de inicio, y la fracción de la energía de retardo de inicio. El asistente lo fija en **0.2 h**.
- **Receiver startup delay energy fraction.** Fracción de la energía térmica requerida por el diseño del receptor durante el período de puesta en marcha del receptor. El asistente lo fija en **0.25**.

#### ***Tower Dimension. Tamaño de la Torre.***

- **Tower Height, m.** Altura en metros de la estructura de la torre desde el suelo, igual a la distancia vertical entre los puntos de pivote de heliostatos y el centro vertical del receptor. Lo establecemos en **205 m**.

#### 4.2.4. Power Cycle. Ciclo de Potencia.

El ciclo de alimentación convierte la energía térmica en energía eléctrica. El ciclo agua de alimentación abierta, un pre-calentador, una caldera y un super calentador. Los parámetros en la página Apagado/encendido describen el tamaño de la turbina de vapor y otras propiedades. (47) y (48).

##### ***Plant Capacity. Capacidad de la planta.***

- **Design Turbine Gross Output, MWe.** Potencia de salida de diseño, sin tener en cuenta las pérdidas parásitas. Lo fijamos en **57 MWe**.
- **Estimated Gross to Net Conversion Factor.** Una estimación de la relación entre la energía eléctrica entregada a la red de producción global del ciclo de potencia. SAM utiliza el factor para el cálculo de la capacidad nominal del ciclo de potencia para los cálculos relacionados con la capacidad, incluyendo el costo total estimado por el valor neto de la capacidad en la página de Costos del Sistema, y el factor de capacidad que aparece en los resultados. El asistente lo fija en **0,87**.
- **Estimated Net Output at Design (Nameplate), MWe.** La capacidad nominal del ciclo de energía, calculado como el producto de la producción bruta diseño y bruto estimado para el factor de conversión neta. Salida neta estimada en Design (MWe) = Salida Diseño Bruto (MWe) × estimado bruto al factor de conversión neta. El asistente lo fija en **50 MWe**.

##### ***Power Block Design Point. Punto de diseño del Bloque de Potencia.***

- **Rated Cycle Conversion Efficiency.** Eficiencia de conversión térmica a eléctrica del ciclo de potencia en condiciones de diseño. El asistente lo fija en **0,412**.
- **Design Thermal Power, MWt.** Es la energía térmica requerida en la entrada del bloque de potencia, para que opere en su punto de diseño, tal como se define por el valor de la capacidad eléctrica de la placa de identificación y una estimación de las pérdidas parásitas: **Thermal Design Power = capacidad eléctrica placa de identificación + estimación total pérdida parasitaria**. El asistente lo calcula en **138,35 MWt**.
- **Design HTF Inlet Temp, °C.** La temperatura de diseño en grados Celsius del fluido de transferencia de calor caliente en el bloque de potencia inlet.p 114. Temperatura de entrada del diseño HTF puede ser diferente de la temperatura de salida del receptor cuando las especificaciones de diseño de bloques de energía requieren una temperatura de entrada diferente para la máxima eficiencia. Los valores de diseño son las condiciones de funcionamiento en el que el bloque de alimentación funciona a su capacidad nominal. Lo fijamos en **574 °C**.

- **Design HTF Outlet Temp, °C.** La temperatura de diseño en grados Celsius del fluido de transferencia de calor frío en el bloque de potencia outlet.p 114 Los valores de diseño son las condiciones de funcionamiento en el que el bloque de alimentación funciona a su capacidad nominal. Lo fijamos en **290 °C**.
- **Boiler Operating Pressure, Bar.** La presión de saturación del vapor de agua que se convierte de líquido a vapor en el generador de caldera o de vapor. SAM utiliza este valor para determinar la temperatura de saturación del vapor de agua y por lo tanto la capacidad de sobrecalentamiento de los intercambiadores de calor. La diferencia de temperatura que impulsa el caudal másico de vapor en el ciclo de Rankine es la diferencia entre la temperatura del fluido de transferencia de calor caliente de entrada y la temperatura de saturación de la presión de la caldera de vapor. El asistente lo fija en **100 bar**.
- **Fossil Backup Boiler LHV Efficiency.** Menor eficiencia calorífica de la caldera de respaldo, utilizada para calcular la cantidad de gas requerida por la misma durante las horas que ha de funcionar para complementar al campo solar o al sistema de almacenamiento térmico. El valor de eficiencia de la caldera LHV determina la cantidad de combustible utilizado por la caldera de seguridad. El asistente lo fija en **0,9**.
- **Steam cycle blowdown fraction.** La fracción de la tasa de flujo de masa de vapor en el ciclo de alimentación que se extrae y se sustituye por agua fresca. Esta fracción se multiplica por la tasa de flujo de masa de vapor en el ciclo de potencia por cada hora de funcionamiento de la planta para determinar la cantidad total de agua requerida distribuida al ciclo de potencia. La fracción de purga representa el uso del agua se relaciona directamente con la sustitución del fluido de trabajo vapor. El asistente lo fija en **0,02**.
- **Aux heater outlet set temp (°C).** La temperatura de punto de ajuste para los calentadores auxiliares para el sistema de reserva de fósiles. Lo fijamos en **594 °C**.
- **Fossil Dispatch Mode.** Determina la cómo SAM opera el sistema de respaldo de fósiles:
  - Nivel de respaldo mínimo. En el modo de respaldo Nivel mínimo , siempre que la fracción de relleno fósil es mayor que cero para cualquier período de envío definido en la página de almacenamiento térmico, el sistema considera que se incluye un quemador de fósiles que calienta el HTF antes de entregarlo al ciclo de potencia.
  - Operación Suplementario. En el modo de funcionamiento suplementario , SAM asume un sistema de respaldo fósil de una capacidad máxima fija , por ejemplo , capaz de suministrar 10 MW de energía térmica a la HTF. Seleccionamos **Minimum Backup Level**.

#### ***Plant Control. Control de la Planta.***

- **Min Required Temp for Startup, °C.** La temperatura a la que comienza la circulación del fluido de transferencia de calor a través de los

intercambiadores de calor del ciclo de energía, por lo general cerca de la temperatura de salida del fluido de transferencia de calor de diseño de bloques al de potencia. El asistente lo fija en **500 °C**.

- **Low-Resource Standby Period, hours.** Durante los períodos de flujo insuficiente de la fuente de calor debido a la baja de los recursos térmicos, el bloque de potencia puede entrar en el modo de espera. En el modo de espera, el ciclo se reinicia de forma rápida y sin el período de puesta en marcha que requiere un arranque en frío. El período de espera es el número máximo de horas permitidas para el modo de espera. El asistente lo fija en **2 h**.
- **Fraction of Thermal Power Needed for Standby.** Fracción de la potencia térmica de diseño de la turbina requerida de almacenamiento para mantener el ciclo de energía en modo de espera. Esta energía térmica no se convierte en energía eléctrica. El asistente lo fija en **0,2**.
- **Power Block Startup Time, hours.** Tiempo en horas que el sistema consume energía en la fracción de inicio antes de que comience la producción de electricidad. Si la fracción de inicio es cero, el sistema va a funcionar a la capacidad de diseño en el tiempo de inicio. El asistente lo fija en **0,5 h**.
- **Fraction of Thermal Power Needed for Startup.** La fracción de diseño de entrada térmica de la turbina requerida por el sistema durante el inicio. Esta energía térmica no se convierte en energía eléctrica. El asistente lo fija en **0,5**.
- **Min Turbine Operation.** Fracción de la capacidad eléctrica de la placa de identificación por debajo de la cual el bloque de alimentación no genera electricidad. Siempre que la salida del bloque de potencia esté por debajo de la carga mínima y exista energía térmica desde el campo solar, el campo está desenfocado. Para sistemas con el almacenamiento, la energía del campo solar se entrega al almacenamiento hasta que el almacenamiento está lleno. El asistente lo fija en **0,25**.
- **Max Turbine Over Design Operation.** La salida máxima permitida del bloque de potencia como una fracción de la capacidad nominal eléctrica. Siempre que el almacenamiento no esté disponible y el recurso solar sea superior al valor de diseño de  $950 \text{ W/m}^2$ , algunos heliostatos en el campo solar se desenfocan para limitar la salida del bloque de alimentación a la carga máxima. El asistente lo fija en **1,05**.
- **Turbine Inlet Pressure Control.** Determina el ciclo de potencia de trabajo de presión de fluido fuera de la carga de diseño.
  - Presión Fija: El bloque de potencia mantiene la alta presión de diseño del fluido de trabajo del ciclo de potencia fuera de la carga de diseño.
  - Presión deslizante: El bloque de potencia disminuye la alta presión del fluido de trabajo del ciclo de potencia fuera de la carga de diseño.

El asistente selecciona la **presión fija**.



### **Cooling System. Sistema de refrigeración.**

- **Condenser type.** Hay que elegir un condensador refrigerado por aire (enfriamiento en seco), la refrigeración por evaporación (enfriamiento húmedo), o el sistema de refrigeración híbrido. El asistente selecciona **refrigeración por aire.**
- **Ambient temp at design , °C.** La temperatura ambiente en el que el ciclo de alimentación funciona a su eficiencia nominal -design- punto de conversión de ciclo. Para la opción de condensador refrigerado por aire, utilizamos una bombilla de valor de la temperatura ambiente seco. El asistente lo fija en **43 °C.**
- **Ref. Condenser Water dT, °C.** Sólo para el tipo evaporativo. El aumento de la temperatura del agua de refrigeración a través del condensador en condiciones de diseño, utilizado para calcular la tasa de flujo másico del agua de refrigeración en el diseño, y la temperatura de condensación de vapor. Aunque nos es indiferente por no utilizar el tipo evaporativo, el asistente lo fija en **10 °C.**
- **Approach temperature, °C.** Sólo para el tipo evaporativo. La diferencia de temperatura entre el agua que circula en la entrada del condensador y la temperatura de bulbo húmedo del ambiente, que se utiliza con el árbitro. presión del condensador valor dT agua para determinar la temperatura de saturación del condensador y por lo tanto la turbina de nuevo. Aunque nos es indiferente por no utilizar el tipo evaporativo, el asistente lo fija en **5 °C.**
- **ITD at design point , °C. Sólo para el tipo refrigerado por aire.** Diferencia de temperatura inicial (ITD), diferencia entre la temperatura del vapor a la salida de la turbina (entrada del condensador) y la temperatura de bulbo seco ambiente. Al ajustar el ITD, le estamos diciendo al modelo las condiciones en las que el sistema alcanzará la eficiencia térmica que hemos especificado. Si aumentamos el ITD, también se debe modificar el rendimiento térmico (y/o la temperatura ambiente de diseño) para describir con precisión el comportamiento de diseño de punto del sistema. La penalización fuera de diseño en el sistema modificado seguirá una vez que se corrigen los parámetros. El asistente lo fija en **16 °C.**
- **Condenser Pressure Ratio. Sólo para el tipo refrigerado por aire.** La relación de caída de presión a través del intercambiador de calor del condensador enfriado por aire, usado para calcular la caída de presión a través del condensador y la correspondiente potencia parásita requerida para mantener la tasa de flujo de aire. El asistente lo fija en **1,0018.**
- **Min condenser pressure.** La presión del condensador mínimo en pulgadas si el mercurio evita que la presión del condensador caiga por debajo del nivel especificado. En un sistema físico, permitiendo que la presión caiga por debajo de un cierto punto puede dar lugar a daño físico al sistema. El asistente lo fija en **2 inHg.**
- **Cooling system part load levels.** Los niveles de carga parcial del sistema de refrigeración indican al modelo el sistema de rechazo de calor cuántos puntos operativos discretos existen. Un valor de 2 significa que el sistema puede funcionar a ya sea 100% o 50% de rechazo. Un valor de tres significa rechazo puntos de funcionamiento del 100% 66% 33%. Los niveles de carga parcial determinan cómo el rechazo de calor opera bajo condiciones de

carga parcial cuando la carga de calor es inferior a plena carga. El asistente lo fija en **8**.

#### 4.2.5. Thermal Storage. Almacenamiento térmico.

Los parámetros de la página de almacenamiento térmico describen el sistema de almacenamiento de energía térmica y propiedades de los controles de despacho de almacenamiento. El modelo de almacenamiento de torre de energía utiliza la geometría del tanque de almacenamiento, que requiere que se especifique el volumen de fluido de transferencia de calor, coeficientes de pérdida del depósito, y las temperaturas de los tanques. SAM calcula la geometría del tanque de almacenamiento para asegurar que el sistema de almacenamiento puede suministrar energía al bloque de potencia térmica en su capacidad de entrada de diseño para el número de horas especificado por la plena carga variable de TS Horas.

Debido a que la capacidad de almacenamiento no está ligada al múltiplo solar en la página Campo de Heliostatos, hay que tener cuidado de elegir una capacidad de almacenamiento que sea razonable teniendo en cuenta la capacidad térmica del sistema. Las pérdidas de Almacenamiento y capacidades térmicas solares se traducirán en un alto costo nivelado de los valores energéticos.

##### *Storage System. Sistema de almacenamiento.*

- **Storage Type.** SAM puede modelar bien termoclina, sistemas de almacenamiento para torres de energía de dos tanques o tanque individual. Un sistema de dos tanques consta de dos tanques de almacenamiento de fluido caliente y frío. Seleccionamos **Two Tank**.
- **Full Load Hours of TES, hours.** La capacidad de almacenamiento expresada en horas a plena carga: El número de horas que el sistema de almacenamiento puede suministrar energía a la capacidad de entrada del bloque de potencia de diseño de la turbina. SAM muestra la capacidad de almacenamiento equivalente en MWh en la página de Costos del Sistema de torre. Seleccionamos **2 horas**.
- **Storage Volume, m<sup>3</sup>.** SAM calcula el volumen de fluido de transferencia de calor total en el almacenamiento basado en las horas de almacenamiento a plena carga y la capacidad de potencia térmica bloque de potencia de diseño de la turbina. El volumen total de fluido de transferencia de calor se divide entre el número total de tanques de modo que todos los tanques calientes contienen el mismo volumen de fluido, y todos los tanques de frío contienen el mismo volumen de fluido. El asistente lo fija en **1273,83 m<sup>3</sup>**.
- **Tank Diameter, m.** El diámetro del volumen de fluido en forma de cilindro de transferencia de calor en cada tanque de almacenamiento. El asistente lo fija en **9,00527 m**.
- **Tank Height, m.** La altura del volumen de fluido en forma de cilindro de transferencia de calor en cada tanque. SAM calcula la altura basado en el

volumen de diámetro y de almacenamiento de un solo tanque. Lo fijamos en **20 m**.

- **Tank Fluid Min Height, m (two-tank only)**. La altura mínima permitida de líquido en el tanque (s) de almacenamiento. Los límites mecánicos del tanque determinan este valor. Lo fijamos en **1 m**.
- **Parallel Tank Pairs**. El número de pares de tanques de almacenamiento de frío-calor en paralelo. Aumentar el número de pares de tanques también aumenta el volumen del fluido de transferencia de calor expuesto a la superficie del tanque, lo que aumenta el total de pérdidas térmicas del tanque. SAM divide el volumen de fluido de transferencia de calor total entre todos los tanques, y se supone que cada depósito de fluido caliente contiene un volumen igual de fluido, y cada tanque frío contiene igual volumen. Lo fijamos en **1**.
- **Min Storage Volume, m<sup>3</sup>**. El volumen mínimo de almacenamiento de calor de transferencia de líquido permitido en cada tanque de almacenamiento. El volumen de fluido utilizable es igual al volumen total menos el volumen mínimo de fluido. Calculado sobre la base de la fracción de volumen mínimo del depósito, el volumen total, y el número de pares de tanques paralelos. El asistente lo fija en **63,6917 m<sup>3</sup>**.
- **Max Storage Volume, m<sup>3</sup>**. El volumen máximo de fluido de transferencia de calor útil en cada tanque de almacenamiento. El volumen máximo es menor que el volumen total cuando el volumen mínimo del depósito es mayor que cero, o el número de pares de tanques paralelos es mayor que 1. El asistente lo fija en **1210,14 m<sup>3</sup>**.
- **Wetted Loss Coefficient, W/m<sup>2</sup>K**. El coeficiente de pérdida térmica que se aplica a la parte del tanque de almacenamiento que contiene el fluido de transferencia de calor de almacenamiento. Lo fijamos en **0,4 W/m<sup>2</sup>K**
- **Dry Loss Coefficient, W/m<sup>2</sup>K (two-tank only)**. El coeficiente de pérdida térmica que se aplica a la porción del depósito de almacenamiento que contiene fluido de transferencia de calor de almacenamiento. **Lo fijamos en 0,25 W/m<sup>2</sup>K**
- **Initial Hot HTF Temp, °C**. La temperatura de almacenamiento del fluido de transferencia de calor en el tanque de almacenamiento caliente en el inicio de la simulación. Lo fijamos en **574 °C**.
- **Initial Cold HTF Temp, °C**. La temperatura de almacenamiento del fluido de transferencia de calor en el tanque de almacenamiento de frío en el inicio de la simulación. Lo fijamos en **290 °C**.
- **Initial Hot HTF Percent, %**. La fracción de almacenamiento de fluido de transferencia de calor en el tanque de almacenamiento caliente en el inicio de la simulación. Lo fijamos en un **30%**.
- **Initial Hot Storage Volume, m<sup>3</sup>**. El volumen de almacenamiento de fluido de transferencia de calor en el tanque de almacenamiento caliente en el inicio de la simulación. El asistente lo fija en **382,15 m<sup>3</sup>**.
- **Initial Cold Storage Volume, m<sup>3</sup>**. El volumen de almacenamiento de fluido de transferencia de calor en el tanque de almacenamiento de frío en el inicio de la simulación. El asistente lo fija en **891,684 m<sup>3</sup>**.
- **Cold Tank Heater Temp Set-Point, °C**. La temperatura mínima permitida del tanque de frío. Cuando la temperatura del fluido de transferencia de calor en el almacenamiento esté por debajo de este valor, el sistema añade suficiente energía térmica de un calentador de tanque eléctrico de almacenamiento para alcanzar el punto de ajuste. Lo fijamos en **280 °C**.

- **Cold Tank Heater Capacity, MWe.** La carga eléctrica máxima del calentador eléctrico tanque frío. Lo fijamos en **30 MWe**.
- **Hot Tank Heater Temp Set-Point, °C (two-tank only).** La temperatura mínima permitida del tanque caliente. Cuando la temperatura del fluido de transferencia de calor en el almacenamiento caiga por debajo de este valor, el sistema añade suficiente energía térmica de un calentador de tanque eléctrico de almacenamiento para alcanzar el punto de ajuste. Lo fijamos en **500 °C**.
- **Hot Tank Heater Capacity, MWe (two-tank only).** La carga eléctrica máxima del calentador eléctrico tanque caliente. Lo fijamos en **30 MWe**.
- **Tank Heater Efficiency.** La eficiencia de conversión eléctrica a térmica del depósito de agua caliente y calentadores de tanque de frío. Lo fijamos en **0,99**.
- **Enable storage bypass valve.** Cuando se desactiva la válvula de derivación de almacenamiento, todo el HTF de la torre se entrega al almacenamiento antes de ser entregado al bloque de potencia. La activación de la válvula de derivación de almacenamiento permite al HTF ser liberado de la torre, ya sea al bloque de alimentación o sistema de almacenamiento. Cuando se activa la válvula de derivación, SAM sólo calcula almacenamiento HTF caliente bombeo pérdidas de energía cuando el sistema de almacenamiento está ejecutando. Sin la válvula de derivación, las pérdidas de bombeo de almacenamiento se aplican siempre HTF está circulando en el sistema. Por defecto **la deshabilitamos**.

#### ***Thermal Storage Dispatch Control. Control de Despacho de almacenamiento Térmico.***

Las variables de control de despacho de almacenamiento tienen cada uno seis valores, uno para cada uno de nueve posibles períodos de despacho. Determinan cómo SAM calcula los flujos de energía entre el campo solar, el sistema de almacenamiento de energía térmica, y el bloque de potencia. La fracción fósil de relleno se utiliza para calcular la energía de una caldera de respaldo.

- **Storage Dispatch Fraction with Solar.** Fracción de la capacidad máxima de almacenamiento de TES que indica el nivel mínimo de carga que el sistema de almacenamiento puede descargar mientras el campo solar está produciendo potencia. Un valor de cero siempre enviará los TES a cualquier hora asignada para el período de expedición determinado; un valor de uno nunca va a enviar el TES. Se utiliza para calcular los niveles de despacho de almacenamiento. El asistente lo fija en **0**.
- **Storage Dispatch Fraction without Solar.** Fracción de la capacidad máxima de almacenamiento de TES que indica el nivel mínimo de carga que el sistema de almacenamiento puede descargar mientras que ningún recurso solar está disponible. Un valor de cero siempre enviará los TES en cualquier hora asignada para el período de expedición determinado; un valor de uno nunca va a enviar el TES. Se utiliza para calcular los niveles de despacho de almacenamiento. El asistente lo fija en **0**.
- **Turbine Output Fraction.** La fracción de la carga térmica de diseño de punto al bloque de alimentación antes de carga parcial y temperatura

correcciones de eficiencia. Estos valores permiten al usuario distribuir el ciclo de potencia a un nivel deseado de acuerdo con el período de tiempo-de-despacho. El asistente lo fija en **1,05 durante el primer periodo, y 1 en los restantes**.

- **Fossil Fill Fraction.** Una fracción de la producción bruta del bloque de potencia de diseño de la turbina de la página Ciclo de encendido que puede ser satisfecha por la caldera de apoyo. Lo utiliza el módulo de bloque de alimentación para calcular la energía de la caldera de apoyo. El asistente lo fija en **0**.
- **TOD Factor.** Los tiempos de entrega (TOD) son factores que permiten especificar un conjunto de factores de precio de energía TOD para modelar el precio en función del tiempo para los proyectos con una de las opciones de financiación de utilidades.
- Los factores TOD son un conjunto de multiplicadores que SAM utiliza para ajustar el precio PPA según la hora del día y el mes del año para proyectos de servicios públicos. Los factores TOD trabajan en conjunto con los supuestos de la página Financiamiento. Lo fijaremos a **1**.

#### 4.2.6. Parasitics. Parásitos.

Los parámetros de la página Parásitos describen las cargas eléctricas parásitas y otras pérdidas en el sistema de torre de energía. (47) y (48).

Las variables de pérdidas parásitas son factores que SAM utiliza para calcular la pérdida total estimada parasitaria y pérdidas parásitas por hora.

SAM calcula dos tipos de valores de pérdida de parásitos. La primera es una estimación del total de las pérdidas parásitas que se utilizan para calcular la potencia térmica de diseño de bloques de energía, y el segundo son los valores horarios calculados durante la simulación del rendimiento del sistema.

##### ***Parasitic Energy Consumption. Consumo de Energía Parásito.***

- **Startup Energy of a Single Heliostat, kWe-hr.** La energía eléctrica en kilovatios-hora requerida para mover cada helióstato a su posición. Se aplica durante las horas que los helióstatos se están iniciando. El asistente lo fija en **0,025 KWe-hr**.
- **Tracking Power for a Single Heliostat, kWe.** La energía eléctrica en kilovatios requerida por el mecanismo de seguimiento de cada uno de helióstatos en el campo durante horas de operación. El asistente lo fija en **0,055 KWe-hr**.
- **Receiver HTF Pump Efficiency.** La eficiencia electro-mecánica de la bomba de fluido de transferencia de calor receptor. El asistente lo fija en **0,85**.
- **Fraction of rated gross power consumed at all times.** Una carga eléctrica fija se aplica a todas horas de la simulación, expresado como una fracción

de la potencia bruta nominal en el diseño de la página Ciclo de encendido. El asistente lo fija en **0,0055 MWe/MWt**.

- **Required pumping power for HTF through powerblock, kJ/kg.** El asistente lo fija en **0,55 kJ/kg**.
- **Required pumping power for HTF through storage, kJ/kg.** Un coeficiente usado para calcular la potencia eléctrica consumida por las bombas para mover el fluido de transferencia de calor a través del intercambiador de almacenamiento de calor tanto en el lado del campo solar como en el lado del depósito de almacenamiento (para los casos en los que existe un intercambiador de calor, especificado en la página de almacenamiento térmico). Este coeficiente se aplica por separado para el flujo de campo solar y el flujo del tanque. El asistente lo fija en **0,15 kJ/kg**.
- **Piping Loss Coefficient, Wt/m.** Pérdida térmica por metro de tubería. Incluye tuberías de todo el sistema. El asistente lo fija en **10200 Wt/m**.
- **Piping Length Constant, m.** La longitud de la tubería caliente en el sistema, no incluyendo la tubería caliente en la torre. SAM agrega el valor constante longitud de la tubería a la longitud de la tubería caliente torre para calcular el total de las pérdidas térmicas de tubería caliente. El asistente lo fija en **0 m**.
- **Piping Length Multiplier.** SAM multiplica este valor por la altura de la torre para determinar la longitud de la tubería caliente en la torre para los cálculos de pérdidas térmicas. El asistente lo fija en **2,6**.
- **Total Piping Length, m.** Longitud de tubería de todo el sistema: desde el receptor al bloque de potencia, bloque de potencia para procesar el calor, etc La pérdida de tubería varía con la salida producida por la turbina. El asistente lo calcula en **533 m**.
- **Balance of Plant Parasitic, MWe/MWcap.** Pérdidas como una fracción de la capacidad nominal del bloque de potencia que se aplica en horas en que opera el bloque de potencia. El asistente lo fija en **0 MWe/MWcap**.
- **Aux. heater, boiler parasitic, MWe/MWcap.** Las pérdidas parásitas en torres de refrigeración como una fracción de la capacidad nominal del bloque de potencia son las pérdidas eléctricas que se producen cuando el bloque de alimentación funciona a una parte o a carga completa. El asistente lo fija en **0,023 MWe/MWcap**.

#### 4.2.7. Performance Adjustment. Ajuste de rendimiento.

Las variables de ajuste de rendimiento permiten modelar las reducciones en la salida del sistema por mantenimiento, tiempos muertos (disponibilidad), los cierres del sistema requeridos por el operador de la red (reducción), la reducción anual de la producción del sistema debido al envejecimiento de los equipos (degradación), o cualquier otro factor que puede hacer que la energía entregada a la red sea menor que el valor de la energía que el modelo de actuación que SAM calcula.

El modelo de rendimiento de SAM calcula salida eléctrica neta por hora del sistema a través de un solo año. La suma de estos valores por hora es la salida eléctrica neta anual del sistema. El modelo financiero aplica los factores de ajuste a los valores netos para determinar la cantidad de electricidad suministrada por el sistema a la red y

utiliza este valor para determinar el valor monetario de la electricidad utilizada en los cálculos de métricas financieras.

***System Output Adjustments. Ajustes en la salida del sistema.***

- **System Output Adjustments.** SAM multiplica la producción eléctrica neta anual en el porcentaje que especifique. Por ejemplo, un valor de 95% para un sistema con una producción anual neto de 100.000 kWh resulta en una salida eléctrica entregada de 95.000 kWh para cada año. Lo fijamos en un **96 %**.
- **Annual decline in output (%).** SAM aplica el porcentaje de valor de la producción eléctrica del sistema total neto anual en los años 2 y posteriores. Si asignamos valores a los años específicos usando un calendario anual, SAM aplica el descenso de la tasa de salida al valor de producción anual de 1 año, y no al valor del año anterior. Lo fijamos en un **0%**.
- **Hourly Factors (24-hour profile for each month).** SAM utiliza la tabla para determinar qué factor de aplicar al valor de salida eléctrica de cada hora neta. El asistente lo fija todo en **1**.





## **DESCRIPCIÓN DE LAS SIMULACIONES A REALIZAR**



## 5. Descripción de las simulaciones a realizar.

Dentro de las múltiples posibilidades que presenta el programa SAM, se han tenido en cuenta los siguientes parámetros de estudio:

1. **Energía Anual.** Este parámetro es fundamental ya que nos muestra cantidad de electricidad generada por la planta en kWh anuales.
2. El **Coste Nivelado de la Energía (LCOE).** Este parámetro define el coste de suministro de energía durante la vida útil del proyecto por unidad de energía producida. Para calcularlo se tiene en cuenta, además de los costes de producción en €/W, factores como los gastos de producción, los gastos de operación y mantenimiento, etc.
3. El **Factor de Conversión Bruto a la Red (Gross to Net Conv. Factor).** Este parámetro tiene en cuenta la relación que existe entre la producción eléctrica anual del sistema para la producción eléctrica bruta del bloque de potencia. La diferencia entre los dos es debido a las pérdidas parásitas de cargas eléctricas en el bloque de campo solar y energía para las bombas, equipos de refrigeración, etc.
4. La **Producción Eléctrica Anual Bruta.** (Gross Electric Output (kWh) anual). Este parámetro mide la electricidad total producida en el bloque solar y bloque fósil sin tener en cuenta las pérdidas parásitas.
5. **Planta de Energía (Power Plant).** Este parámetro mide la producción de electricidad del sistema eléctrico genérico en cents/kWh.
6. **Almacenamiento (Storage).** Este parámetro permite medir los costes de almacenamiento térmico tanto totales como por megavatio-hora o nominales, incluidos los equipos y la mano de obra.
7. **Energía Térmica al Bloque de Potencia (Thermal Energy to Power Block).** Este parámetro permite medir la cantidad de energía térmica en kWh destinada al bloque de potencia de manera anual o mensual.

Las simulaciones a realizar tienen por objeto dar respuesta a cómo afecta a estos parámetros las variaciones del patrón de flujo del HTF y/o la variación de las magnitudes termofísicas del mismo.

Se ha de tener en cuenta que SAM varía el volumen de la sal en función de la capacidad térmica de la misma, de forma que si para la sal solar estándar para un periodo de almacenamiento de dos horas, el volumen requerido es de 1273,83 m<sup>3</sup>, si aumentamos la capacidad calorífica de la sal en un 25%, este volumen se reduce a 1019,07 m<sup>3</sup>, si la disminuimos en un 25% este volumen se aumenta a 1698,45 m<sup>3</sup>. De manera similar ocurre al variar la conductividad térmica de la sal y la viscosidad de la misma.

A la vista del funcionamiento del programa, se ha considerado para la primera parte de las simulaciones, la referente a los patrones de flujo, que este factor no afecta al objeto



Los valores tomados para la Sal Solar son los recogidos en la siguiente tabla:

T (°C)	C <sub>p</sub> (kJ/kg·K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	μ (Pa·s)	ν (m <sup>2</sup> ·s)	k (W/K·m)	ΔH (J/kg)
260	1,488	1925	0,004343	0,000002256	0,4924	380994
277,9	1,491	1913	0,003818	0,000001996	0,4958	407643
295,8	1,494	1902	0,003361	0,000001767	0,4992	434348
313,7	1,497	1890	0,002967	0,000001569	0,5026	461109
331,6	1,5	1879	0,002629	0,000001399	0,506	487924
349,5	1,503	1868	0,002344	0,000001255	0,5094	514794
367,4	1,506	1856	0,002106	0,000001134	0,5128	541719
385,3	1,509	1845	0,00191	0,000001035	0,5162	568700
403,2	1,512	1834	0,001751	9,55E-07	0,5196	595735
421,1	1,515	1822	0,001624	8,91E-07	0,523	622825
438,9	1,518	1811	0,001523	8,41E-07	0,5264	649971
456,8	1,522	1799	0,001445	8,03E-07	0,5298	677172
474,7	1,525	1788	0,001383	7,73E-07	0,5332	704428
492,6	1,528	1777	0,001332	7,50E-07	0,5366	731738
510,5	1,531	1765	0,001289	7,30E-07	0,54	759104
528,4	1,534	1754	0,001247	7,11E-07	0,5434	786525
546,3	1,537	1743	0,001201	6,89E-07	0,5468	814001
564,2	1,54	1731	0,001147	6,62E-07	0,5502	841532
582,1	1,543	1720	0,001078	6,27E-07	0,5536	869119
600	1,546	1708	0,0009916	5,80E-07	0,557	896760
800	1,546	1708	0,0009916	5,80E-07	0,557	896761

Tabla 5. Propiedades de la Sal Solar estándar utilizada por SAM.



## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**





## 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

### 6.1. Variaciones del patrón de flujo del HTF.

#### 6.1.1. Energía Anual.

##### *Variaciones de Cp.*

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de  $C_p$  respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la energía anual producida por la central. Dichos datos se recogen en la tabla 15 Anexo I, llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

##### *Variaciones de k.*

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la conductividad térmica respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la energía anual producida por la central (tabla 16 Anexo I), llegando a la conclusión de que salvo para la sal solar con un -45 % de  $k$  y la sal solar con un -50 % de  $k$ , que su patrón de flujo óptimo es el 4, para el resto, el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

##### *Variaciones de $\mu$ .*

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la viscosidad respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la energía anual producida por la central (tabla 17 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

## 6.1.2. Coste Nivelado de la Electricidad. LCOE.

### ***Variaciones de Cp.***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de  $C_p$  respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución del coste nivelado de la electricidad (tabla 18 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### ***Variaciones de k.***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la conductividad térmica respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución del coste nivelado de la electricidad (tabla 19 Anexo I), llegando a la conclusión de que salvo para la sal solar con un -45 % de  $k$  y la sal solar con un -50 % de  $k$ , que su patrón de flujo óptimo es el 4, para el resto, el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### ***Variaciones de $\mu$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la viscosidad respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución del coste nivelado de la electricidad (tabla 20 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### **6.1.3. Factor de Conversión Bruto a Red. Gross to net convert factor.**

#### ***Variaciones de Cp.***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de Cp respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución del factor de conversión bruto a red (tabla 21 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

#### ***Variaciones de k.***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la conductividad térmica respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución del factor de conversión bruto a red (tabla 22 Anexo I), llegando a la conclusión de que salvo para la sal solar con un -45 % de k y la sal solar con un -50 % de k, que su patrón de flujo óptimo es el 4, para el resto, el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

#### ***Variaciones de $\mu$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la viscosidad respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución del factor de conversión bruto a red (tabla 23 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### **6.1.4. Producción Bruta de Electricidad. Gross Electric Output.**

#### ***Variaciones de $C_p$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de  $C_p$  respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la producción bruta de electricidad (tabla 24 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

#### ***Variaciones de $k$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la conductividad térmica respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la producción bruta de electricidad (tabla 25 Anexo I), llegando a la conclusión de que salvo para la sal solar con un -45 % de  $k$  y la sal solar con un -50 % de  $k$ , que su patrón de flujo óptimo es el 4, para el resto, el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

#### ***Variaciones de $\mu$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la viscosidad respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la producción bruta de electricidad (tabla 26 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

## 6.1.5. Planta de Energía.

### ***Variaciones de $C_p$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de  $C_p$  respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la planta de energía (tabla 27 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### ***Variaciones de $k$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la conductividad térmica respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la planta de energía (tabla 28 Anexo I), llegando a la conclusión de que salvo para la sal solar con un -45 % de  $k$  y la sal solar con un -50 % de  $k$ , que su patrón de flujo óptimo es el 4, para el resto, el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

A la vista de los resultados y salvo para los valores de -45 % y -50 % de  $k$ , el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### ***Variaciones de $\mu$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la viscosidad respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la planta de energía (tabla 29 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

### 6.1.6. Energía térmica anual.

#### ***Variaciones de Cp.***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de  $C_p$  respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la energía térmica anual (tabla 30 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2.

#### ***Variaciones de k.***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la conductividad térmica respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la energía térmica anual (tabla 31 Anexo I), llegando a la conclusión de que salvo para la sal solar con un -45 % de  $k$  y la sal solar con un -50 % de  $k$ , que su patrón de flujo óptimo es el 4, para el resto, el patrón de flujo más eficiente es el número 2.

#### ***Variaciones de $\mu$ .***

Se han realizado 20 simulaciones con incrementos y decrementos porcentuales del 5% del valor de la viscosidad respecto del de la sal solar estándar para cada uno de los ocho posibles patrones de flujo que permite el software de simulación para ver la evolución de la energía térmica anual (tabla 32 Anexo I), llegando a la conclusión de que el mejor patrón de flujo más eficiente es el número 2 para todos los casos salvo para un -5% de  $\mu$  que es el patrón de flujo número 4 .

### 6.1.7. Conclusión

A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que el patrón de flujo óptimo es el número 2, ya que es el más eficiente en un 99,6 % (3012 de 3024 ).de los casos estudiados.

## 6.2. Variaciones de las propiedades termofísicas de la sal.

En este apartado hemos de tener en cuenta que SAM se autoregula de tal forma que para estudiar el efecto que tiene el aumentar o disminuir las magnitudes termofísicas de la sal hemos de considerar dos escenarios, el primero el que afecta al rendimiento de la planta y el segundo el que afecta a los costes de almacenamiento térmico.

Para el primer apartado consideraré que no tenemos almacenamiento térmico, y para el segundo tendré en cuenta los costes de incrementar cada propiedad.

### 6.2.1. Energía Annual.

#### *Variaciones de Cp.*

Los resultados obtenidos para las variaciones de la energía anual en función de las variaciones de la capacidad calorífica de la sal se recogen en la tabla 33 del Anexo II y muestran que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un +40% de Cp con la que se obtiene un 0,86% más de energía que con la sal solar estándar es decir,  $8,752320 \cdot 10^7$  kWh.

#### *Variaciones de k.*

Los resultados obtenidos para las variaciones de la energía anual en función de las variaciones de la conductividad térmica de la sal se recogen en la tabla 34 del Anexo II y muestran que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un +40% de k con la que se obtiene un 0,34% más de energía que con la sal solar estándar es decir  $8,707380 \cdot 10^7$  kWh.

#### *Variaciones de $\mu$ .*

Los resultados obtenidos para las variaciones de la energía anual en función de las variaciones de la viscosidad de la sal se recogen en la tabla 35 del Anexo II y muestran que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un -40% de  $\mu$  con la que se obtiene un 0,40% más de energía que con la sal solar estándar es decir  $8,713050 \cdot 10^7$  kWh.

La siguiente gráfica resume la variación de la energía anual en función de la variación de éstos parámetros:

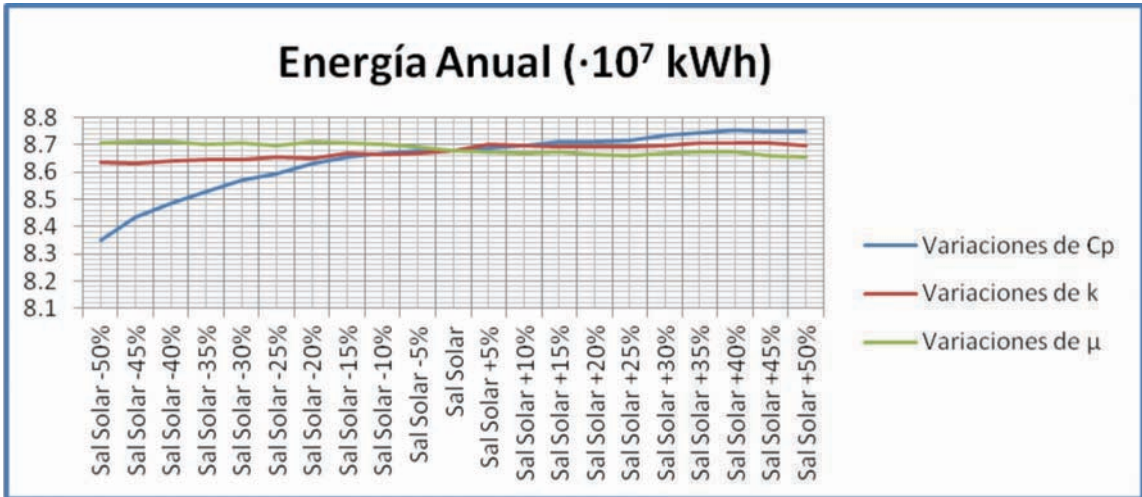


Figura 2.2.2. Energía anual (en unidades de 10<sup>7</sup> kWh) para diferentes variaciones de salinidad, coeficiente de absorción y coeficiente de reflexión.

Este gráfico muestra la energía anual (en unidades de 10<sup>7</sup> kWh) para diferentes variaciones de salinidad, coeficiente de absorción y coeficiente de reflexión. Se observa que la energía anual aumenta con la salinidad, especialmente para variaciones de Cp y k. Las variaciones de μ tienen un efecto menor y más variable.

En el gráfico se puede observar que la energía anual aumenta con la salinidad, especialmente para variaciones de Cp y k. Las variaciones de μ tienen un efecto menor y más variable.

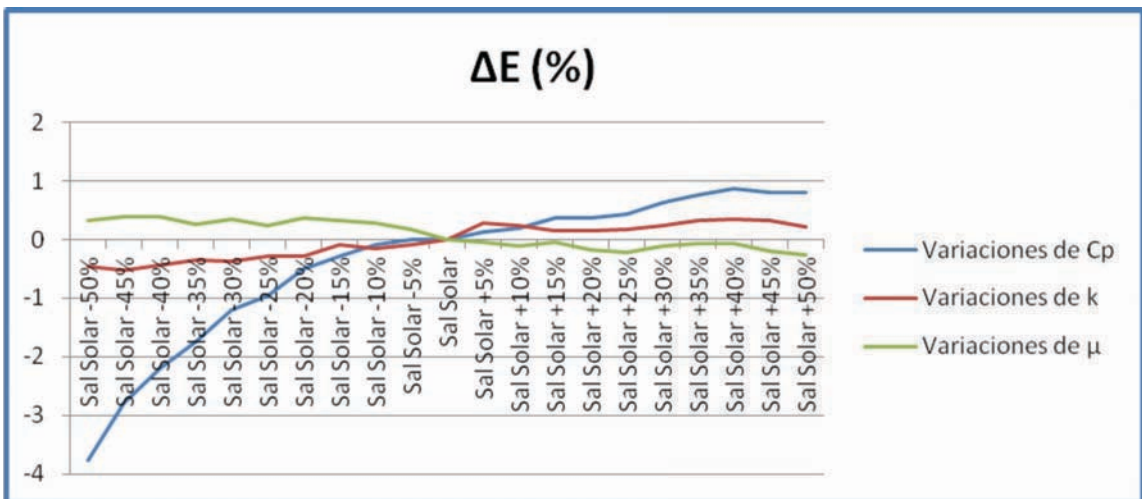


Figura 2.2.3. Variación porcentual de la energía anual (ΔE) para diferentes variaciones de salinidad, coeficiente de absorción y coeficiente de reflexión.

Este gráfico muestra la variación porcentual de la energía anual (ΔE) para diferentes variaciones de salinidad, coeficiente de absorción y coeficiente de reflexión. Se observa que la variación porcentual aumenta con la salinidad, especialmente para variaciones de Cp y k. Las variaciones de μ tienen un efecto menor y más variable.



A la vista de los resultados, vemos que variando las propiedades de la sal obtenemos una mejora en el comportamiento de la misma que podemos resumir en la siguiente tabla y de la que se desprende que la mejor modificación aplicable a la sal es incrementar un 40% el Cp.

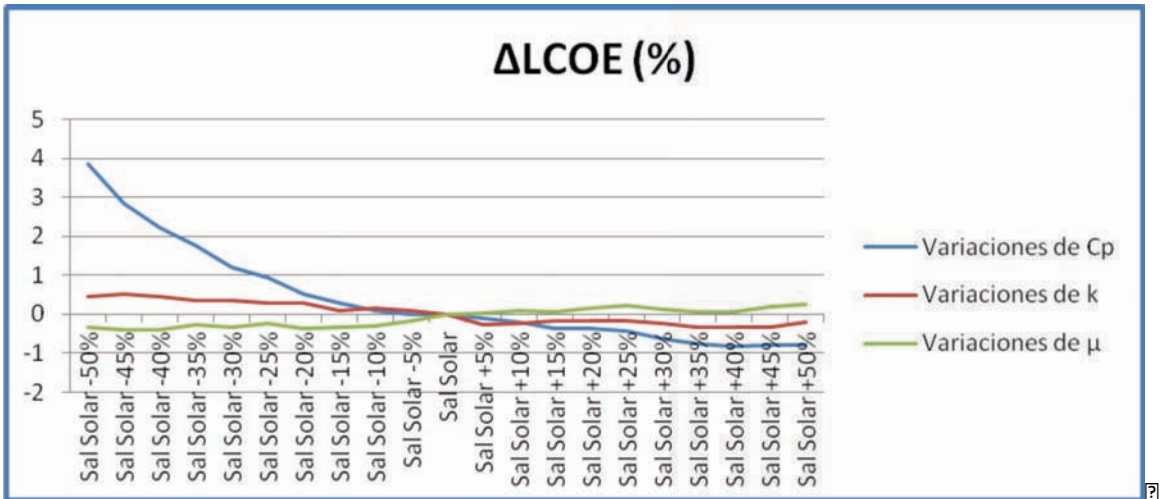
Tipo de Sal	Energía Anual ( $\cdot 10^7$ kwh)
Sal Solar	8,678120
<b>Sal Solar +40% Cp</b>	<b>8,75232</b>
Sal Solar -40% $\mu$	8,71305
Sal Solar +40% k	8,70738

**Tabla 6.** Resumen Valores energía anual con modificaciones de la sal.



El objetivo es el mismo, es decir, determinar el impacto de las variaciones de los parámetros de entrada en el costo de la energía (COE). En este caso, se analizará el impacto de las variaciones de los coeficientes de absorción ( $k$ ), de la capacidad calorífica ( $C_p$ ) y de la conductividad térmica ( $\mu$ ) en el COE. Los resultados se muestran en el gráfico de líneas que se presenta a continuación.

Se puede observar que el COE es muy sensible a las variaciones de  $C_p$ , especialmente cuando esta disminuye. Por otro lado, el COE es menos sensible a las variaciones de  $k$  y  $\mu$ .



El coeficiente de absorción ( $k$ ) también influye en el COE, pero su impacto es menor que el de  $C_p$ . La conductividad térmica ( $\mu$ ) tiene un efecto mínimo en el COE.

El objetivo es el mismo, es decir, determinar el impacto de las variaciones de los parámetros de entrada en el costo de la energía (COE). En este caso, se analizará el impacto de las variaciones de los coeficientes de absorción ( $k$ ), de la capacidad calorífica ( $C_p$ ) y de la conductividad térmica ( $\mu$ ) en el COE. Los resultados se muestran en el gráfico de líneas que se presenta a continuación.

CR	COE
CR	EUÁUF
CR	nó ( )
CR	1 B
CR	1 EB.

El impacto de las variaciones de los parámetros de entrada en el COE es el siguiente:

2

2

2

2



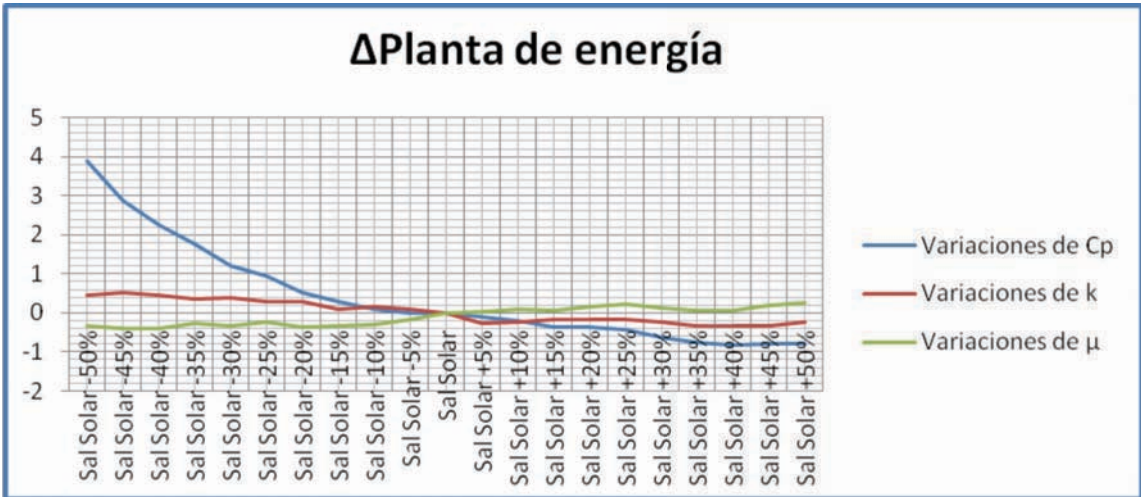












El coeficiente de transferencia de calor por convección,  $h$ , depende de las propiedades físicas de los fluidos, de la geometría del sistema y de las condiciones de flujo.

En el caso de flujo forzado,  $h$  depende de la velocidad de flujo,  $v$ , y de las propiedades físicas de los fluidos. En el caso de flujo natural,  $h$  depende de la diferencia de temperatura entre el fluido y la superficie que lo rodea.

El coeficiente de transferencia de calor por radiación,  $h_r$ , depende de la temperatura de la superficie que emite la radiación,  $T_s$ , y de la temperatura del fluido que la recibe,  $T_f$ . En el caso de radiación de cuerpo negro,  $h_r$  depende de  $T_s^4$  y  $T_f^4$ .

Coeficiente	Unidad
Coeficiente de transferencia de calor por convección	$W/m^2 \cdot K$
Coeficiente de transferencia de calor por radiación	$W/m^2 \cdot K$
Coeficiente de transferencia de calor por conducción	$W/m \cdot K$

El coeficiente de transferencia de calor por conducción,  $k$ , depende de las propiedades físicas del material.

?

## 6.2.6. Energía térmica anual al bloque de potencia.

### ***Variaciones de Cp.***

Los resultados obtenidos para las variaciones del factor de conversión bruto a red en función de las variaciones de la capacidad calorífica de la sal se recogen en la tabla 48 del Anexo II y muestran que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un -45% de Cp con la que se obtiene un 0,36% más de energía térmica enviada al bloque de potencia que con la sal solar estándar es decir  $2,595150 \cdot 10^8$  kWh.

### ***Variaciones de k.***

Los resultados obtenidos para las variaciones del factor de conversión bruto a red en función de las variaciones de la conductividad térmica de la sal se recogen en la tabla 49 del Anexo II y muestran que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un +45% de k con la que se obtiene un 0,32% más de energía térmica enviada al bloque de potencia que con la sal solar estándar es decir  $2,5941600 \cdot 10^8$  kWh.

### ***Variaciones de $\mu$ .***

Los resultados obtenidos para las variaciones del factor de conversión bruto a red en función de las variaciones de la viscosidad de la sal se recogen en la tabla 50 del Anexo II y muestran que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un -40% de  $\mu$  con la que se obtiene un 0,34% más de energía térmica enviada al bloque de potencia que con la sal solar estándar es decir  $2,594820 \cdot 10^8$  kWh.

La siguiente gráfica resume la variación del factor de conversión bruto a red en función de la variación de éstos parámetros:



A la vista de los resultados, vemos que variando las propiedades de la sal obtenemos una mejora en el comportamiento de la misma que podemos resumir en la siguiente tabla y de la que se desprende que la mejor modificación aplicable a la sal es disminuir un 45% el Cp.

Tipo de Sal	Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^8$ kWh)
Sal Solar	2,585940
<b>Sal Solar -45% Cp</b>	<b>2,59515</b>
Sal Solar -40% $\mu$	2,59482
Sal Solar +45% k	2,59416

**Tabla 11.** Resumen energía térmica al bloque de potencia con modificaciones de la sal.







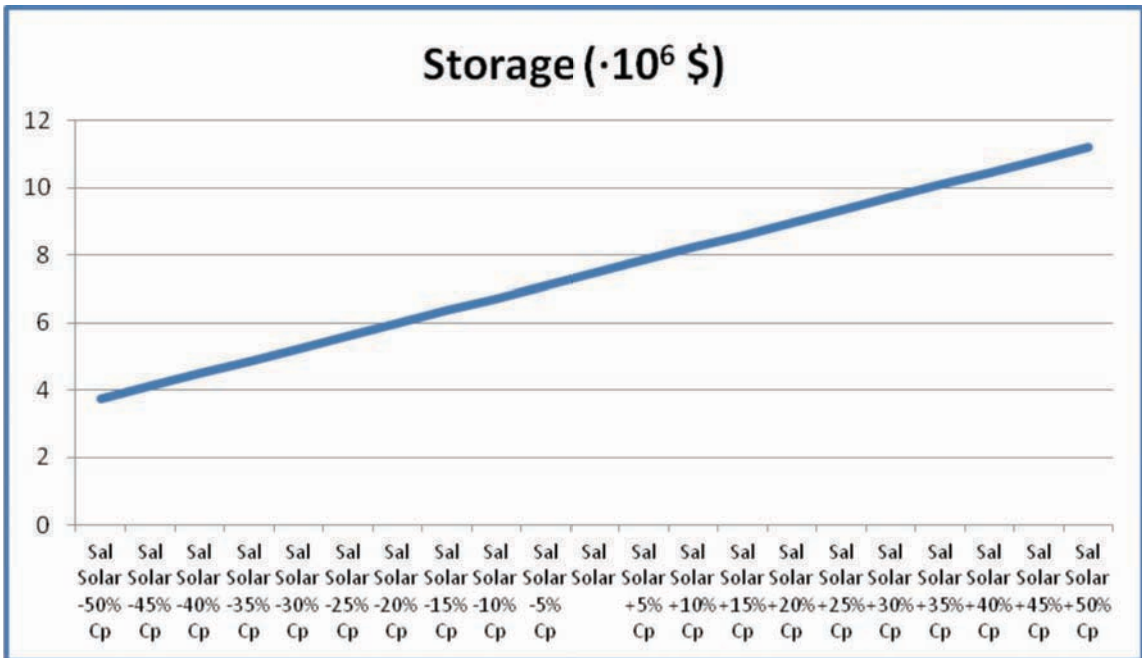
# ÉR 4. Pim An mdAut 12N

Prirre 20202020:

mvémvÉscjemv, mvhmvés vés If nscf jscémvs s nmas c c E AQs cs W  
c llvgsf m ys l p, ma, f s lj. y c d v s c c l g m y f s c s v l p, h n f p s c v, p p  
f s d h p s v p, m p j s e s v s e f j v f p s e s l p m f p y s f c s c s h n c v c c s l p, s n j n s l  
If nscf jscém

p, pgs, hnf n r s n e p l p If nscf jscémv, nés, v é n v s v l p v s b p p, j e n s l s f p n  
es If nscf jscém, y c g m y f s c s v l h n c v c c s m v s v l é m v s s n m a s c c E AQ s  
es l p s W

v j a y j s c s, r j n s v y f s m v f j v f m v



É l c í p r r p l . é . R L d n d t r n d d t d é d l p d . d l A R l l m l í . Y L d n d n s o l . é . R L d n d n c z

m c s v s p y s e p, s n j, c l y f s c m j c s c m v h m v s v s e f n s c f j s c é m f s e j e p y s  
y f s c é f m p s p s p p

s f c s, v j f j l, v j a y j s c s, r j n s n m a s p p, j n j ó c s g m y f s c s v l p, y c c s, g l m  
es s f p m s r j c j e n s m m v









## 6.2.10. Almacenamiento (cent/kWh nominal).

### ***Variaciones de Cp.***

Los datos obtenidos para los costes de almacenamiento por kWh nominal almacenado se recogen en la tabla 65 del Anexo II.

De manera similar a lo que ocurría en apartados anteriores, a continuación veremos cómo afecta al precio del almacenamiento la variación del tiempo del mismo para un volumen fijo de sal. La tabla 66 del Anexo II recoge las variaciones del mismo para un volumen de sal determinado.

A la vista de estos resultados, podemos apreciar que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un +50% de Cp con la que se obtiene una reducción del volumen de sal necesario para el almacenamiento térmico de dos horas del 33,33%, o lo que es lo mismo, necesitamos un volumen de 849,223 m<sup>3</sup> para unos costos de almacenamiento un 0,85% menores que para la sal solar normal, es decir, unos costes de 0,4959160 cents/kWh

### ***Variaciones de k.***

Los datos obtenidos para los costes de almacenamiento por kWh nominal almacenado se recogen en la tabla 67 del Anexo II.

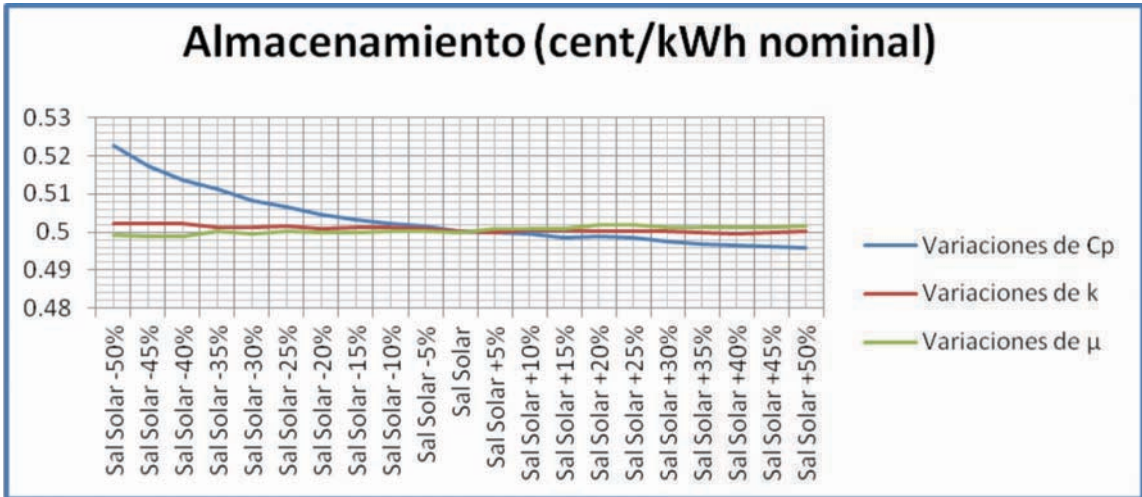
A la vista de estos resultados, podemos apreciar que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un +40% de k con la que se obtiene unos costos de almacenamiento un 0,10% menores que para la sal solar normal, es decir, unos costes de 0,49967600 cents/kWh.

### ***Variaciones de $\mu$ .***

Los datos obtenidos para los costes de almacenamiento por kWh nominal almacenado se recogen en la tabla 68 del Anexo II.

A la vista de estos resultados, podemos apreciar que el mejor comportamiento se da para la sal solar con un -40% de  $\mu$  con la que se obtiene unos costos de almacenamiento un 0,21% menores que para la sal solar normal, es decir, unos costes de 0,4987830 cents/kWh.

La siguiente gráfica resume la variación de los costes de almacenamiento en función de la variación de éstos parámetros:



El cálculo de los valores de almacenamiento de energía en función de las variaciones de los parámetros de diseño, como es el caso de las variaciones de los coeficientes de pérdidas de calor, de la capacidad de almacenamiento, de la eficiencia de los convertidores, etc.

El objetivo de este estudio es determinar el impacto de las variaciones de los parámetros de diseño en el coste de almacenamiento de energía. Para ello se han realizado simulaciones de Monte Carlo, considerando las variaciones de los parámetros de diseño como variables aleatorias. Los resultados muestran que el coste de almacenamiento de energía es muy sensible a las variaciones de los parámetros de diseño, especialmente a las variaciones de la capacidad de almacenamiento y de la eficiencia de los convertidores.

En consecuencia, es necesario tener en cuenta estas variaciones al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía, ya que pueden afectar significativamente al coste final del sistema.

El estudio de las variaciones de los parámetros de diseño es una herramienta muy útil para determinar el impacto de estas variaciones en el coste de almacenamiento de energía. Esto permite a los diseñadores tomar decisiones más informadas al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía, lo que puede resultar en un sistema más eficiente y con un menor coste.

CRITERIO	UNIDAD DE MEDIDA
PRECIO	€/MWh
EFICIENCIA	%
EFECTIVIDAD	h/año
ESTABILIDAD	h/año

El estudio de las variaciones de los parámetros de diseño es una herramienta muy útil para determinar el impacto de estas variaciones en el coste de almacenamiento de energía.



## **CONCLUSIONES**





## 7. CONCLUSIONES.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que el fluido ideal sería aquel que presentase una modificación de la sal solar estándar aumentada en un 40% su capacidad calorífica y su conductividad térmica y disminuida en un 40% su viscosidad. Estos valores se recogen en la siguiente tabla:

T (°C)	C <sub>p</sub> (kJ/kg·K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	μ (Pa·s)	ν (m <sup>2</sup> ·s)	k (·10 <sup>7</sup> W/K·m)	ΔH (J/kg)
260	260	2,0832	1925	0,0026058	0,135366	2695
277,9	277,9	2,0874	1913	0,0022908	0,119749	2678,2
295,8	295,8	2,0916	1902	0,0020166	0,106025	2662,8
313,7	313,7	2,0958	1890	0,0017802	9,41905	2646
331,6	331,6	2,1	1879	0,0015774	8,39489	2630,6
349,5	349,5	2,1042	1868	0,0014064	7,52891	2615,2
367,4	367,4	2,1084	1856	0,0012636	6,80819	2598,4
385,3	385,3	2,1126	1845	0,001146	6,21138	2583
403,2	403,2	2,1168	1834	0,0010506	5,73000	2567,6
421,1	421,1	2,121	1822	0,0009744	5,35000	2550,8
438,9	438,9	2,1252	1811	0,0009138	5,05000	2535,4
456,8	456,8	2,1308	1799	0,000867	4,82000	2518,6
474,7	474,7	2,135	1788	0,0008298	4,64000	2503,2
492,6	492,6	2,1392	1777	0,0007992	4,50000	2487,8
510,5	510,5	2,1434	1765	0,0007734	4,38000	2471
528,4	528,4	2,1476	1754	0,0007482	4,27000	2455,6
546,3	546,3	2,1518	1743	0,0007206	4,13000	2440,2
564,2	564,2	2,156	1731	0,0006882	3,98000	2423,4
582,1	582,1	2,1602	1720	0,0006468	3,76000	2408
600	600	2,1644	1708	0,00059496	3,48000	2391,2
800	800	2,1644	1708	0,00059496	3,48000	2391,2

**Tabla 13.** Propiedades del fluido óptimo.

Así pues, la planta optimizada debería estar configurada para un campo solar conformado por 4120 heliostatos de 140 m<sup>2</sup> de superficie reflectante y con una altura de la torre de 205 m.

El patrón de flujo del HFT debería ser el número 2.

El fluido de almacenamiento óptimo sería aquel que se obtendría al modificar la sal solar estándar aumentando un 40% su capacidad calorífica y su conductividad térmica y disminuyendo un 40% su viscosidad.

Con todo esto dimensionamos una planta de producción de energía con las siguientes características:

	Sal solar	Sal solar modificada	Diferencia
<b>Annual Energy (kWh)</b>	1,19E+08	1,21E+08	1,50E+06
<b>LCOE Nominal (cent/kWh nominal)</b>	31,020500	30,641000	-0,379500
<b>Gross to Net Conv. Factor</b>	0,879434	0,887768	8,33E-03
<b>Gross Electric Output (kWh anual)</b>	1,41E+08	1,42E+08	4,39E+05
<b>Power Plant (cents/kWhnom)</b>	4,576360	4,519780	-0,056580
<b>Thermal Energy to Power Block (kWh anual)</b>	3,42E+08	3,43E+08	1,18E+06
<b>Storage (\$)</b>	7,47E+06	7,47E+06	0,00E+00
<b>Storage (\$/W)</b>	0,150653	0,150653	0,00E+00
<b>Storage (cents/kWhnom)</b>	0,499845	0,493665	-0,006180

**Tabla 14.** Valores de la planta con la sal solar optimizada optimizada

Además de estas mejoras, al tratarse de una tecnología solar se ha conseguido una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de 328691 tCO<sub>2</sub>, el equivalente a 764398 barriles de crudo.

**ANEXO I. TABLAS DE RESULTADOS PARA LAS  
VARIACIONES DEL PATRÓN DE FLUJO**



## 8. Anexo I. Tablas de Resultados para las variaciones del Patrón de Flujo.

Tipo Sal	Energía Anual (10 <sup>8</sup> kWh)							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% Cp	1,115700	<b>1,1383500</b>	1,1165600	1,1366900	0,9657410	0,96804800	0,96025100	0,96167800
Sal Solar -45% Cp	1,128730	<b>1,1504100</b>	1,1296800	1,1489400	1,0182500	1,0194500	1,0129100	1,0142000
Sal Solar -40% Cp	1,137620	<b>1,1586200</b>	1,1383500	1,1567900	1,0555200	1,0553600	1,0503100	1,0514600
Sal Solar -35% Cp	1,145420	<b>1,1644400</b>	1,1453800	1,1638800	1,0829500	1,0823700	1,0778500	1,0789600
Sal Solar -30% Cp	1,150280	<b>1,1715600</b>	1,1518500	1,1696600	1,1027600	1,1024300	1,0982400	1,0992300
Sal Solar -25% Cp	1,154890	<b>1,1754600</b>	1,1560500	1,1731800	1,1186500	1,1186500	1,1142800	1,1151600
Sal Solar -20% Cp	1,159080	<b>1,1801800</b>	1,1599100	1,1777100	1,1321900	1,1312600	1,1278800	1,1276900
Sal Solar -15% Cp	1,162600	<b>1,1829400</b>	1,1623200	1,1805800	1,1402400	1,1409500	1,1380100	1,1377100
Sal Solar -10% Cp	1,165460	<b>1,1857400</b>	1,1659700	1,1834400	1,1487600	1,1488200	1,1451500	1,1458700
Sal Solar -5% Cp	1,168940	<b>1,1874200</b>	1,1686400	1,1873500	1,1554000	1,1559500	1,1519000	1,1526400
Sal Solar	1,170760	<b>1,1903000</b>	1,1704300	1,1892200	1,1597400	1,1614500	1,1568600	1,1582100
Sal Solar +5% Cp	1,172600	<b>1,1910300</b>	1,1718000	1,1907800	1,1645200	1,1659200	1,1616000	1,1630000
Sal Solar +10% Cp	1,172870	<b>1,1921100</b>	1,1712800	1,1918800	1,1686700	1,1703100	1,1655200	1,1670400
Sal Solar +15% Cp	1,175070	<b>1,1939300</b>	1,1710400	1,1937000	1,1728700	1,1739800	1,1695700	1,1704000
Sal Solar +20% Cp	1,175340	<b>1,1931700</b>	1,1727600	1,1929000	1,1751000	1,1771900	1,1725400	1,1732500
Sal Solar +25% Cp	1,178010	<b>1,1944300</b>	1,1742700	1,1938300	1,1770100	1,1789800	1,1749500	1,1769600
Sal Solar +30% Cp	1,179830	<b>1,1969200</b>	1,1789500	1,1967600	1,1809900	1,1834500	1,1773800	1,1784500
Sal Solar +35% Cp	1,179240	<b>1,1983400</b>	1,1784400	1,1981000	1,1826700	1,1849700	1,1796200	1,1816700
Sal Solar +40% Cp	1,181550	<b>1,1992700</b>	1,1807100	1,1989700	1,1849300	1,1863800	1,1815500	1,1836000
Sal Solar +45% Cp	1,182340	<b>1,2001700</b>	1,1808700	1,1991900	1,1865500	1,1880200	1,1831900	1,1853300
Sal Solar +50% Cp	1,182560	<b>1,2005900</b>	1,1817400	1,2003400	1,1874900	1,1895100	1,1843800	1,1864500

Tabla 15. Resultados. Energía anual para variaciones de Cp y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Energía Anual ( $\cdot 10^8$ kWh)							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% k	1,1645700	1,1857800	1,1630100	<b>1,1861100</b>	1,1575400	1,1608400	1,1548500	1,1584400
Sal Solar -45% k	1,1651600	1,1855800	1,1623900	<b>1,1863600</b>	1,1588600	1,1619700	1,1565600	1,1579500
Sal Solar -40% k	1,1696400	<b>1,1852600</b>	1,1633500	1,1843900	1,1601000	1,1614500	1,1556400	1,1579800
Sal Solar -35% k	1,1702500	<b>1,1874300</b>	1,1687200	1,1859400	1,1616600	1,1618600	1,1572400	1,1582000
Sal Solar -30% k	1,1697000	<b>1,1877700</b>	1,1687400	1,1876800	1,1602100	1,1616000	1,1563800	1,1580300
Sal Solar -25% k	1,1675800	<b>1,1870700</b>	1,1669600	1,1860000	1,1613700	1,1629900	1,1563200	1,1577200
Sal Solar -20% k	1,1697500	<b>1,1882700</b>	1,1691200	1,1873600	1,1616000	1,1617800	1,1570100	1,1575700
Sal Solar -15% k	1,1690800	<b>1,1881300</b>	1,1656600	1,1878700	1,1616300	1,1614500	1,1571500	1,1577700
Sal Solar -10% k	1,1701600	<b>1,1880000</b>	1,1664800	1,1874800	1,1597900	1,1612300	1,1566800	1,1580100
Sal Solar -5% k	1,1706100	<b>1,1886000</b>	1,1698200	1,1883700	1,1596900	1,1610000	1,1567700	1,1581400
Sal Solar	1,170760	<b>1,1903000</b>	1,1704300	1,1892200	1,1597400	1,1614500	1,1568600	1,1582100
Sal Solar +5% k	1,1708500	<b>1,1908900</b>	1,1705300	1,1903600	1,1610800	1,1616100	1,1574800	1,1583600
Sal Solar +10% k	1,1701900	<b>1,1895700</b>	1,1707400	1,1883400	1,1612800	1,1613800	1,1576100	1,1584300
Sal Solar +15% k	1,1701500	<b>1,1897200</b>	1,1693100	1,1872900	1,1609600	1,1617200	1,1587100	1,1584900
Sal Solar +20% k	1,1717000	<b>1,1904400</b>	1,1717200	1,1880400	1,1628300	1,1620700	1,1587300	1,1585000
Sal Solar +25% k	1,1719000	<b>1,1906000</b>	1,1729200	1,1885200	1,1614700	1,1621400	1,1587200	1,1581600
Sal Solar +30% k	1,1737600	<b>1,1905300</b>	1,1740400	1,1880300	1,1615000	1,1621600	1,1578300	1,1582000
Sal Solar +35% k	1,1726500	<b>1,1913900</b>	1,1731400	1,1884900	1,1618800	1,1613100	1,1578800	1,1582800
Sal Solar +40% k	1,1717300	<b>1,1914800</b>	1,1721100	1,1886700	1,1616000	1,1613000	1,1578700	1,1590300
Sal Solar +45% k	1,1697700	<b>1,1909900</b>	1,1701300	1,1892600	1,1619200	1,1612800	1,1581700	1,1589400
Sal Solar +50% k	1,1702100	<b>1,1903800</b>	1,1701500	1,1882900	1,1624600	1,1612500	1,1582200	1,1589900

Tabla 16. Resultados. Energía Anual para variaciones de k y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Energía Anual ( $\cdot 10^8$ kWh)							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% $\mu$	1,1689100	<b>1,1923500</b>	1,1697800	1,1906200	1,1639600	1,1657600	1,1590700	1,1600900
Sal Solar -45% $\mu$	1,1690500	<b>1,1933900</b>	1,1706800	1,1916800	1,1648300	1,1662000	1,1591100	1,1602800
Sal Solar -40% $\mu$	1,1707000	<b>1,1936300</b>	1,1713000	1,1919300	1,1650500	1,1662300	1,1593300	1,1605000
Sal Solar -35% $\mu$	1,1708000	<b>1,1901400</b>	1,1708500	1,1897600	1,1636300	1,1627800	1,1588100	1,1595700
Sal Solar -30% $\mu$	1,1700400	<b>1,1915400</b>	1,1716300	1,1898000	1,1626100	1,1621900	1,1583500	1,1591800
Sal Solar -25% $\mu$	1,1699200	<b>1,1905800</b>	1,1709800	1,1883400	1,1625000	1,1624500	1,1582400	1,1590200
Sal Solar -20% $\mu$	1,1700500	<b>1,1913500</b>	1,1709700	1,1888700	1,1633900	1,1624200	1,1590400	1,1588700
Sal Solar -15% $\mu$	1,1703000	<b>1,1907000</b>	1,1699900	1,1883200	1,1612100	1,1619600	1,1589600	1,1587100
Sal Solar -10% $\mu$	1,1702000	<b>1,1905500</b>	1,1707400	1,1882300	1,1614100	1,1615100	1,1577500	1,1585400
Sal Solar -5% $\mu$	1,1711700	<b>1,1898500</b>	1,1708600	1,1896000	1,1611800	1,1617000	1,1575800	1,1584200
Sal Solar	1,1707600	<b>1,1903000</b>	1,1704300	1,1892200	1,1597400	1,1614500	1,1568600	1,1582100
Sal Solar +5% $\mu$	1,1706200	<b>1,1890200</b>	1,1698300	1,1887700	1,1596200	1,1609300	1,1567000	1,1581000
Sal Solar +10% $\mu$	1,1691200	<b>1,1883300</b>	1,1675400	1,1880900	1,1596000	1,1611200	1,1565400	1,1579300
Sal Solar +15% $\mu$	1,1697300	<b>1,1885200</b>	1,1658200	1,1883000	1,1601700	1,1612800	1,1569000	1,1576600
Sal Solar +20% $\mu$	1,1686600	<b>1,1863400</b>	1,1660200	1,1860600	1,1592400	1,1613300	1,1567200	1,1573500
Sal Solar +25% $\mu$	1,1699100	<b>1,1862700</b>	1,1662000	1,1856800	1,1583700	1,1603600	1,1563400	1,1583000
Sal Solar +30% $\mu$	1,1705300	<b>1,1875500</b>	1,1697100	1,1873800	1,1598800	1,1623500	1,1563100	1,1573100
Sal Solar +35% $\mu$	1,1688400	<b>1,1878600</b>	1,1680700	1,1876200	1,1593800	1,1616700	1,1563700	1,1584200
Sal Solar +40% $\mu$	1,1701300	<b>1,1877900</b>	1,1693200	1,1874900	1,1596800	1,1611300	1,1563200	1,1585100
Sal Solar +45% $\mu$	1,1700100	<b>1,1877200</b>	1,1685900	1,1867600	1,1595300	1,1610200	1,1562200	1,1583000
Sal Solar +50% $\mu$	1,1693600	<b>1,1872600</b>	1,1685700	1,1870700	1,1588700	1,1598800	1,1557900	1,1578100

Tabla 17. Resultados. Energía anual para variaciones de  $\mu$  y de los patrones de flujo.

LCOE Nominal								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% Cp	33,07760	<b>32,43090</b>	33,05290	32,47740	38,12570	38,03610	38,34040	38,28430
Sal Solar -45% Cp	32,70260	<b>32,09700</b>	32,67540	32,13720	36,18900	36,14710	36,37670	36,33120
Sal Solar -40% Cp	32,45140	<b>31,87340</b>	32,43090	31,92300	34,93140	34,93640	35,10160	35,06390
Sal Solar -35% Cp	32,23440	<b>31,71700</b>	32,23540	31,73200	34,06080	34,07860	34,21940	34,18480
Sal Solar -30% Cp	32,10060	<b>31,52780</b>	32,05740	31,57810	33,45920	33,46920	33,59470	33,56470
Sal Solar -25% Cp	31,97470	<b>31,42510</b>	31,94320	31,48510	32,99210	32,99200	33,11930	33,09360
Sal Solar -20% Cp	31,86110	<b>31,30170</b>	31,83870	31,36610	32,60420	32,63080	32,72670	32,73200
Sal Solar -15% Cp	31,76640	<b>31,22990</b>	31,77380	31,29120	32,37800	32,35820	32,44040	32,44880
Sal Solar -10% Cp	31,68990	<b>31,15750</b>	31,67610	31,21690	32,14230	32,14060	32,24180	32,22180
Sal Solar -5% Cp	31,59720	<b>31,11430</b>	31,60520	31,11610	31,96090	31,94570	32,05620	32,03600
Sal Solar	31,54890	<b>31,04040</b>	31,55760	31,06800	31,84320	31,79710	31,92120	31,88450
Sal Solar +5% Cp	31,50030	<b>31,02170</b>	31,52140	31,02800	31,71500	31,67770	31,79330	31,75570
Sal Solar +10% Cp	31,49300	<b>30,99420</b>	31,53520	30,99990	31,60420	31,56090	31,68820	31,64780
Sal Solar +15% Cp	31,43540	<b>30,94770</b>	31,54160	30,95360	31,49320	31,46390	31,58040	31,55860
Sal Solar +20% Cp	31,42830	<b>30,96720</b>	31,49620	30,97390	31,43460	31,37960	31,50200	31,48310
Sal Solar +25% Cp	31,35840	<b>30,93500</b>	31,45640	30,95030	31,38450	31,33290	31,43860	31,38570
Sal Solar +30% Cp	31,31080	<b>30,87190</b>	31,33360	30,87600	31,28060	31,21680	31,37480	31,34690
Sal Solar +35% Cp	31,32630	<b>30,83600</b>	31,34710	30,84200	31,23690	31,17750	31,31610	31,26280
Sal Solar +40% Cp	31,26590	<b>30,81250</b>	31,28790	30,82000	31,17840	31,14100	31,26600	31,21270
Sal Solar +45% Cp	31,24550	<b>30,78990</b>	31,28370	30,81440	31,13660	31,09880	31,22340	31,16820
Sal Solar +50% Cp	31,23970	<b>30,77920</b>	31,26120	30,78560	31,11250	31,06060	31,19260	31,13920

Tabla 18. Resultados. LCOE para variaciones Cp y de los patrones de flujo.



LCOE Nominal								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% k	31,71360	31,15660	31,75540	<b>31,14790</b>	31,90280	31,81380	31,97560	31,87830
Sal Solar -45% k	31,69790	31,16180	31,77190	<b>31,14150</b>	31,86700	31,78340	31,92920	31,89180
Sal Solar -40% k	31,57860	<b>31,16990</b>	31,74630	31,19240	31,83350	31,79740	31,95420	31,89080
Sal Solar -35% k	31,56230	<b>31,11400</b>	31,60300	31,15230	31,79160	31,78610	31,91070	31,88490
Sal Solar -30% k	31,57690	<b>31,10530</b>	31,60250	31,10760	31,83070	31,79310	31,93430	31,88950
Sal Solar -25% k	31,63320	<b>31,12340</b>	31,64990	31,12650	31,79940	31,75610	31,93590	31,89800
Sal Solar -20% k	31,57570	<b>31,09230</b>	31,59240	31,11590	31,79320	31,78840	31,91710	31,90190
Sal Solar -15% k	31,59350	<b>31,09590</b>	31,68450	31,10270	31,79250	31,79720	31,91320	31,89650
Sal Solar -10% k	31,56490	<b>31,09920</b>	31,66260	31,11280	31,84210	31,80310	31,92600	31,89010
Sal Solar -5% k	31,55290	<b>31,08410</b>	31,57400	31,08990	31,84460	31,80930	31,92350	31,88660
Sal Solar	31,54890	<b>31,04040</b>	31,55760	31,06800	31,84320	31,79710	31,92120	31,88450
Sal Solar +5% k	31,54660	<b>31,02520</b>	31,55500	31,03890	31,80710	31,79280	31,90440	31,88060
Sal Solar +10% k	31,56390	<b>31,05910</b>	31,54940	31,09070	31,80180	31,79920	31,90090	31,87870
Sal Solar +15% k	31,56510	<b>31,05530</b>	31,58730	31,11750	31,81040	31,79000	31,87130	31,87710
Sal Solar +20% k	31,52420	<b>31,03680</b>	31,52360	31,09830	31,76030	31,78050	31,87070	31,87690
Sal Solar +25% k	31,51640	<b>31,03270</b>	31,49200	31,08600	31,79660	31,77870	31,87080	31,88590
Sal Solar +30% k	31,46980	<b>31,03460</b>	31,46230	31,09860	31,79590	31,77820	31,89480	31,88500
Sal Solar +35% k	31,49890	<b>31,01260</b>	31,48610	31,08690	31,78570	31,80110	31,89360	31,88280
Sal Solar +40% k	31,52340	<b>31,01010</b>	31,51330	31,08220	31,79310	31,80130	31,89390	31,86240
Sal Solar +45% k	31,57530	<b>31,02280</b>	31,56560	31,06700	31,78470	31,80170	31,88560	31,86480
Sal Solar +50% k	31,56350	<b>31,03840</b>	31,56500	31,09190	31,77010	31,80270	31,88430	31,86350

Tabla 19. Resultados. LCOE para variaciones de k y de los patrones de flujo.

LCOE Nominal								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% $\mu$	31,59780	<b>30,98810</b>	31,57490	31,03220	31,73000	31,68170	31,86140	31,83400
Sal Solar -45% $\mu$	31,59420	<b>30,96140</b>	31,55090	31,00520	31,70670	31,67000	31,86010	31,82890
Sal Solar -40% $\mu$	31,55040	<b>30,95530</b>	31,53450	30,99870	31,70070	31,66910	31,85430	31,82280
Sal Solar -35% $\mu$	31,54790	<b>31,04440</b>	31,54650	31,05420	31,73880	31,76160	31,86820	31,84800
Sal Solar -30% $\mu$	31,56790	<b>31,00870</b>	31,52590	31,05320	31,77740	31,77740	31,88070	31,85830
Sal Solar -25% $\mu$	31,57130	<b>31,03320</b>	31,54310	31,09060	31,76920	31,77030	31,88370	31,86270
Sal Solar -20% $\mu$	31,56770	<b>31,01350</b>	31,54330	31,07710	31,74530	31,77120	31,86210	31,86680
Sal Solar -15% $\mu$	31,56120	<b>31,03020</b>	31,56940	31,09120	31,80360	31,78340	31,86440	31,87100
Sal Solar -10% $\mu$	31,56370	<b>31,03390</b>	31,54940	31,09340	31,79830	31,79570	31,89720	31,87560
Sal Solar -5% $\mu$	31,53800	<b>31,05190</b>	31,54620	31,05820	31,80460	31,79050	31,90180	31,87880
Sal Solar	31,54890	<b>31,04040</b>	31,55760	31,06800	31,84320	31,79710	31,92120	31,88450
Sal Solar +5% $\mu$	31,55270	<b>31,07310</b>	31,57360	31,07960	31,84650	31,81120	31,92540	31,88770
Sal Solar +10% $\mu$	31,59230	<b>31,09090</b>	31,63430	31,09700	31,84710	31,80610	31,92980	31,89210
Sal Solar +15% $\mu$	31,57620	<b>31,08590</b>	31,68020	31,09150	31,83170	31,80190	31,92000	31,89960
Sal Solar +20% $\mu$	31,60460	<b>31,14220</b>	31,67490	31,14920	31,85670	31,80060	31,92480	31,90800
Sal Solar +25% $\mu$	31,57150	<b>31,14390</b>	31,67000	31,15910	31,88010	31,82660	31,93530	31,88220
Sal Solar +30% $\mu$	31,55490	<b>31,11100</b>	31,57670	31,11530	31,83960	31,77310	31,93610	31,90890
Sal Solar +35% $\mu$	31,59990	<b>31,10300</b>	31,62020	31,10910	31,85310	31,79130	31,93450	31,87900
Sal Solar +40% $\mu$	31,56550	<b>31,10460</b>	31,58700	31,11240	31,84490	31,80570	31,93570	31,87640
Sal Solar +45% $\mu$	31,56880	<b>31,10670</b>	31,60650	31,13130	31,84890	31,80880	31,93860	31,88210
Sal Solar +50% $\mu$	31,58600	<b>31,11830</b>	31,60700	31,12340	31,86670	31,83960	31,95010	31,89540

Tabla 20. Resultados. LCOE para variaciones  $\mu$  y de los patrones de flujo.

Gross to Net Conv. Factor								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% Cp	0,8402660	<b>0,8412180</b>	0,8402970	0,8411430	0,7180370	0,7186540	0,7166020	0,7171900
Sal Solar -45% Cp	0,8489270	<b>0,8497970</b>	0,8489390	0,8497500	0,7569260	0,7573290	0,7557850	0,7562430
Sal Solar -40% Cp	0,8554940	<b>0,8562890</b>	0,8554950	0,8562390	0,7845340	0,7847960	0,7835810	0,7839600
Sal Solar -35% Cp	0,8606750	<b>0,8613980</b>	0,8606710	0,8613830	0,8047980	0,8049710	0,8040250	0,8043070
Sal Solar -30% Cp	0,8647910	<b>0,8655710</b>	0,8648280	0,8655060	0,8200020	0,8201670	0,8193470	0,8195880
Sal Solar -25% Cp	0,8682070	<b>0,8689320</b>	0,8682290	0,8688720	0,8317290	0,8319180	0,8312010	0,8314000
Sal Solar -20% Cp	0,8710610	<b>0,8718130</b>	0,8710800	0,8717230	0,8410160	0,8411620	0,8405470	0,8406910
Sal Solar -15% Cp	0,8734860	<b>0,8741950</b>	0,8734760	0,8741300	0,8483380	0,8485280	0,8480110	0,8481170
Sal Solar -10% Cp	0,8755640	<b>0,8762660</b>	0,8755580	0,8761950	0,8543880	0,8545480	0,8540120	0,8541740
Sal Solar -5% Cp	0,8773870	<b>0,8780410</b>	0,8773770	0,8780320	0,8593750	0,8595290	0,8590290	0,8591660
Sal Solar	0,8789780	<b>0,8796320</b>	0,8789480	0,8795990	0,8634900	0,8636580	0,8631880	0,8633370
Sal Solar +5% Cp	0,8803680	<b>0,8810040</b>	0,8803300	0,8809910	0,8669950	0,8671690	0,8667130	0,8668630
Sal Solar +10% Cp	0,8815730	<b>0,8822200</b>	0,8815180	0,8822230	0,8699850	0,8701560	0,8697160	0,8698730
Sal Solar +15% Cp	0,8826840	<b>0,8833490</b>	0,8825610	0,8833380	0,8725840	0,8727250	0,8723160	0,8724500
Sal Solar +20% Cp	0,8836750	<b>0,8842960</b>	0,8835890	0,8842950	0,8747970	0,8749480	0,8745620	0,8746930
Sal Solar +25% Cp	0,8846240	<b>0,8852120</b>	0,8845060	0,8851930	0,8767250	0,8768720	0,8765340	0,8766810
Sal Solar +30% Cp	0,8854860	<b>0,8860680</b>	0,8854630	0,8860610	0,8784970	0,8786490	0,8782740	0,8783880
Sal Solar +35% Cp	0,8861900	<b>0,8868240</b>	0,8861710	0,8868180	0,8800120	0,8801610	0,8798040	0,8799550
Sal Solar +40% Cp	0,8869390	<b>0,8875300</b>	0,8869200	0,8875120	0,8813840	0,8815120	0,8811720	0,8813170
Sal Solar +45% Cp	0,8875780	<b>0,8881700</b>	0,8875490	0,8881350	0,8825980	0,8827210	0,8823870	0,8825300
Sal Solar +50% Cp	0,8881650	<b>0,8887540</b>	0,8881470	0,8887370	0,8836930	0,8838270	0,8834870	0,8836200

Tabla 21. Resultados. Factor de conversión bruto a la red para variaciones de Cp y de los patrones de flujo.

Gross to Net Conv. Factor								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% K	0,8787350	0,8794930	0,8786960	<b>0,8795110</b>	0,8634610	0,8636560	0,8631080	0,8633740
Sal Solar -45% K	0,8787810	0,8795020	0,8786910	<b>0,8795200</b>	0,8634670	0,8636650	0,8631960	0,8633500
Sal Solar -40% K	0,8789350	<b>0,8794960</b>	0,8787390	0,8794700	0,8635200	0,8636450	0,8631530	0,8633550
Sal Solar -35% K	0,8789460	<b>0,8795520</b>	0,8789120	0,8795160	0,8635720	0,8636740	0,8632100	0,8633510
Sal Solar -30% K	0,8789390	<b>0,8795710</b>	0,8789240	0,8795680	0,8635230	0,8636420	0,8631560	0,8633530
Sal Solar -25% K	0,8788640	<b>0,8795520</b>	0,8788530	0,8795470	0,8635530	0,8636840	0,8631730	0,8633290
Sal Solar -20% K	0,8789370	<b>0,8795870</b>	0,8789160	0,8795720	0,8635600	0,8636560	0,8631770	0,8633270
Sal Solar -15% K	0,8789260	<b>0,8795730</b>	0,8788150	0,8795650	0,8635560	0,8636480	0,8631840	0,8633270
Sal Solar -10% K	0,8789500	<b>0,8795790</b>	0,8788370	0,8795680	0,8634900	0,8636570	0,8631840	0,8633370
Sal Solar -5% K	0,8789660	<b>0,8795810</b>	0,8789320	0,8795760	0,8634790	0,8636540	0,8631870	0,8633380
Sal Solar	0,8789780	<b>0,8796320</b>	0,8789480	0,8795990	0,8634900	0,8636580	0,8631880	0,8633370
Sal Solar +5% K	0,8789710	<b>0,8796530</b>	0,8789600	0,8796240	0,8635350	0,8636700	0,8631990	0,8633420
Sal Solar +10% K	0,8789550	<b>0,8796090</b>	0,8789560	0,8795700	0,8635200	0,8636640	0,8632050	0,8633450
Sal Solar +15% K	0,8789640	<b>0,8796140</b>	0,8789340	0,8795370	0,8635110	0,8636520	0,8632540	0,8633480
Sal Solar +20% K	0,8789990	<b>0,8796430</b>	0,8789920	0,8795740	0,8635750	0,8636630	0,8632520	0,8633490
Sal Solar +25% K	0,8790030	<b>0,8796330</b>	0,8790300	0,8795800	0,8635340	0,8636810	0,8632480	0,8633360
Sal Solar +30% K	0,8790530	<b>0,8796340</b>	0,8790560	0,8795700	0,8635380	0,8636860	0,8632250	0,8633370
Sal Solar +35% K	0,8790220	<b>0,8796600</b>	0,8790370	0,8795910	0,8635490	0,8636390	0,8632240	0,8633450
Sal Solar +40% K	0,8790000	<b>0,8796750</b>	0,8790010	0,8796090	0,8635580	0,8636370	0,8632220	0,8633630
Sal Solar +45% K	0,8789530	<b>0,8796560</b>	0,8789560	0,8796230	0,8635670	0,8636250	0,8632330	0,8633550
Sal Solar +50% K	0,8789680	<b>0,8796420</b>	0,8789570	0,8795960	0,8635820	0,8636290	0,8632350	0,8633550

Tabla 22. Resultados. Factor de conversión bruto a la red para variaciones de k y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Gross to Net Conv. Factor							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% $\mu$	0,8790400	<b>0,8798530</b>	0,8790770	0,8797790	0,8642150	0,8643470	0,8638260	0,8639650
Sal Solar -45% $\mu$	0,8790620	<b>0,8798900</b>	0,8791070	0,8798270	0,8643070	0,8644160	0,8638820	0,8640390
Sal Solar -40% $\mu$	0,8791510	<b>0,8798980</b>	0,8791640	0,8798560	0,8643810	0,8644840	0,8639520	0,8641070
Sal Solar -35% $\mu$	0,8790570	<b>0,8797350</b>	0,8790520	0,8797230	0,8640390	0,8640770	0,8636630	0,8637740
Sal Solar -30% $\mu$	0,8790210	<b>0,8797530</b>	0,8790550	0,8797090	0,8639410	0,8640030	0,8635780	0,8637080
Sal Solar -25% $\mu$	0,8789970	<b>0,8796980</b>	0,8790230	0,8796420	0,8638660	0,8639660	0,8635160	0,8636450
Sal Solar -20% $\mu$	0,8789930	<b>0,8797130</b>	0,8790180	0,8796380	0,8638320	0,8639110	0,8634810	0,8635840
Sal Solar -15% $\mu$	0,8789950	<b>0,8796780</b>	0,8789760	0,8796090	0,8636870	0,8638310	0,8634270	0,8635180
Sal Solar -10% $\mu$	0,8789790	<b>0,8796660</b>	0,8789740	0,8795970	0,8636370	0,8637710	0,8633200	0,8634610
Sal Solar -5% $\mu$	0,8789830	<b>0,8796400</b>	0,8789720	0,8796240	0,8635940	0,8637250	0,8632620	0,8633990
Sal Solar	0,8789780	<b>0,8796320</b>	0,8789480	0,8795990	0,8634900	0,8636580	0,8631880	0,8633370
Sal Solar +5% $\mu$	0,8789570	<b>0,8795910</b>	0,8789230	0,8795740	0,8634240	0,8636000	0,8631270	0,8632820
Sal Solar +10% $\mu$	0,8789030	<b>0,8795620</b>	0,8788520	0,8795560	0,8633690	0,8635420	0,8630630	0,8632250
Sal Solar +15% $\mu$	0,8788900	<b>0,8795510</b>	0,8787740	0,8795480	0,8633370	0,8634850	0,8630050	0,8631590
Sal Solar +20% $\mu$	0,8788640	<b>0,8795000</b>	0,8787780	0,8794920	0,8632600	0,8634220	0,8629560	0,8631020
Sal Solar +25% $\mu$	0,8788730	<b>0,8794840</b>	0,8787570	0,8794710	0,8631640	0,8633410	0,8628990	0,8630850
Sal Solar +30% $\mu$	0,8788910	<b>0,8794990</b>	0,8788670	0,8794930	0,8631630	0,8633630	0,8628490	0,8630020
Sal Solar +35% $\mu$	0,8788090	<b>0,8794940</b>	0,8787960	0,8794890	0,8631000	0,8632890	0,8628020	0,8629810
Sal Solar +40% $\mu$	0,8788460	<b>0,8794870</b>	0,8788240	0,8794670	0,8630690	0,8632290	0,8627460	0,8629470
Sal Solar +45% $\mu$	0,8788340	<b>0,8794670</b>	0,8787930	0,8794400	0,8630120	0,8631790	0,8626950	0,8628860
Sal Solar +50% $\mu$	0,8788110	<b>0,8794410</b>	0,8787910	0,8794360	0,8629490	0,8630870	0,8626360	0,8628120

Tabla 23. Resultados. Factor de conversión bruto a la red para variaciones de  $\mu$  y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Gross Electric Output ( ·10 <sup>8</sup> kWh) annual							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% Cp	1,383120	<b>1,409600</b>	1,384130	1,407670	1,401010	1,403160	1,395840	1,396770
Sal Solar -45% Cp	1,384990	<b>1,410150</b>	1,386140	1,408430	1,401290	1,402200	1,396050	1,396980
Sal Solar -40% Cp	1,385190	<b>1,409460</b>	1,386080	1,407310	1,401460	1,400790	1,396250	1,397100
Sal Solar -35% Cp	1,386290	<b>1,408130</b>	1,386250	1,407480	1,401690	1,400640	1,396420	1,397370
Sal Solar -30% Cp	1,385540	<b>1,409910</b>	1,387380	1,407720	1,400860	1,400150	1,396230	1,397090
Sal Solar -25% Cp	1,385620	<b>1,409130</b>	1,386980	1,406490	1,401010	1,400700	1,396420	1,397190
Sal Solar -20% Cp	1,386100	<b>1,410110</b>	1,387060	1,407300	1,402310	1,400910	1,397750	1,397280
Sal Solar -15% Cp	1,386440	<b>1,410000</b>	1,386130	1,406860	1,400090	1,400650	1,397890	1,397350
Sal Solar -10% Cp	1,386560	<b>1,409560</b>	1,387180	1,406940	1,400560	1,400370	1,396780	1,397390
Sal Solar -5% Cp	1,387810	<b>1,408700</b>	1,387470	1,408630	1,400480	1,400910	1,396800	1,397470
Sal Solar	1,387450	<b>1,409560</b>	1,387110	1,408340	1,399050	1,400840	1,396060	1,397450
Sal Solar +5% Cp	1,387440	<b>1,408230</b>	1,386560	1,407960	1,399130	1,400530	1,396070	1,400000
Sal Solar +10% Cp	1,385870	<b>1,407560</b>	1,384070	1,407290	1,399300	1,400980	1,395950	1,397520
Sal Solar +15% Cp	1,386710	<b>1,407910</b>	1,382150	1,407660	1,400140	1,401240	1,396630	1,397400
Sal Solar +20% Cp	1,385470	<b>1,405500</b>	1,382570	1,405190	1,399250	1,401500	1,396570	1,397220
Sal Solar +25% Cp	1,387130	<b>1,405540</b>	1,382910	1,404860	1,398440	1,400560	1,396300	1,398460
Sal Solar +30% Cp	1,387920	<b>1,407100</b>	1,386930	1,406920	1,400340	1,403020	1,396420	1,397500E+07
Sal Solar +35% Cp	1,386130	<b>1,407570</b>	1,385220	1,407300	1,399920	1,402400	1,396650	1,398830
Sal Solar +40% Cp	1,387680	<b>1,407540</b>	1,386720	1,407230	1,400420	1,401930	1,396760	1,398950
Sal Solar +45% Cp	1,387600	<b>1,407580</b>	1,385920	1,406490	1,400400	1,401940	1,396770	1,399060
Sal Solar +50% Cp	1,386950	<b>1,407150</b>	1,386000	1,406890	1,399770	1,401940	1,396440	1,398660

Tabla 24. Resultados. Producción bruta de electricidad para variaciones de Cp y de los patrones de flujo.

Gross Electric Output (-10 <sup>8</sup> kWh) annual								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% K	1,380500	1,404430	1,378710	<b>1,404800</b>	1,396430	1,400100	1,393770	1,397670
Sal Solar -45% K	1,381120	1,404180	1,377990	<b>1,405080</b>	1,398020	1,401450	1,395690	1,397110
Sal Solar -40% K	1,386190	<b>1,403810</b>	1,379050	1,402820	1,399440	1,400850	1,394650	1,397140
Sal Solar -35% K	1,386910	<b>1,406290</b>	1,385140	1,404590	1,401230	1,401310	1,396490	1,397410
Sal Solar -30% K	1,386260	<b>1,406660</b>	1,385140	1,406560	1,399560	1,401050	1,395530	1,397200
Sal Solar -25% K	1,383870	<b>1,405860</b>	1,383140	1,405720	1,400910	1,402650	1,395430	1,396860
Sal Solar -20% K	1,386320	<b>1,407230</b>	1,385610	1,406170	1,401180	1,401240	1,396260	1,396700
Sal Solar -15% K	1,385540	<b>1,407090</b>	1,381660	1,406790	1,401220	1,400850	1,396420	1,396930
Sal Solar -10% K	1,386780	<b>1,406930</b>	1,382610	1,406320	1,399100	1,400580	1,395850	1,397200
Sal Solar -5% K	1,387290	<b>1,407620</b>	1,386410	1,407360	1,399000	1,400300	1,395960	1,397360
Sal Solar	1,387450	<b>1,409560</b>	1,387110	1,408340	1,399050	1,400840	1,396060	1,397450
Sal Solar +5% K	1,387570	<b>1,410230</b>	1,387210	1,409640	1,400590	1,401010	1,396790	1,397620
Sal Solar +10% K	1,386820	<b>1,408730</b>	1,387470	1,407340	1,400860	1,400740	1,396930	1,397700
Sal Solar +15% K	1,386750	<b>1,408900</b>	1,385810	1,406150	1,400490	1,401170	1,398180	1,397770
Sal Solar +20% K	1,388530	<b>1,409710</b>	1,388570	1,406980	1,402630	1,401580	1,398210	1,397780
Sal Solar +25% K	1,388870	<b>1,409910</b>	1,389930	1,407530	1,401070	1,401630	1,398210	1,397390
Sal Solar +30% K	1,390890	<b>1,409830</b>	1,391220	1,406970	1,401090	1,401650	1,397170	1,397430
Sal Solar +35% K	1,389630	<b>1,410800</b>	1,390180	1,407480	1,401530	1,400690	1,397230	1,397520
Sal Solar +40% K	1,388560	<b>1,410890</b>	1,389020	1,407670	1,401180	1,400690	1,397220	1,398400
Sal Solar +45% K	1,386320	<b>1,410340</b>	1,386740	1,408350	1,401550	1,400690	1,397570	1,398300
Sal Solar +50% K	1,386820	<b>1,409640</b>	1,386770	1,407240	1,402180	1,400640	1,397630	1,398360

Tabla 25. Resultados. Producción bruta de electricidad para variaciones de k y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Gross Electric Output ( $\cdot 10^8$ kWh) annual							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% $\mu$	1,385170	<b>1,411630</b>	1,386140	1,409700	1,402960	1,404920	1,397690	1,398690
Sal Solar -45% $\mu$	1,385300	<b>1,412810</b>	1,387160	1,410880	1,403850	1,405330	1,397660	1,398800
Sal Solar -40% $\mu$	1,387110	<b>1,413080</b>	1,387810	1,411130	1,404010	1,405260	1,397810	1,398960
Sal Solar -35% $\mu$	1,387380	<b>1,409210</b>	1,387450	1,408780	1,402840	1,401760	1,397650	1,398380
Sal Solar -30% $\mu$	1,386540	<b>1,410840</b>	1,388360	1,408850	1,401780	1,401170	1,397230	1,398020
Sal Solar -25% $\mu$	1,386420	<b>1,409790</b>	1,387640	1,407230	1,401760	1,401550	1,397200	1,397930
Sal Solar -20% $\mu$	1,386590	<b>1,410680</b>	1,387640	1,407860	1,402890	1,401600	1,398220	1,397850
Sal Solar -15% $\mu$	1,386880	<b>1,409960</b>	1,386540	1,407250	1,400500	1,401180	1,398200	1,397760
Sal Solar -10% $\mu$	1,386790	<b>1,409810</b>	1,387430	1,407170	1,400820	1,400720	1,396920	1,397650
Sal Solar -5% $\mu$	1,387930	<b>1,409010</b>	1,387590	1,408750	1,400610	1,401030	1,396800	1,397600
Sal Solar	1,387450	<b>1,409560</b>	1,387110	1,408340	1,399050	1,400840	1,396060	1,397450
Sal Solar +5% $\mu$	1,387320	<b>1,408110</b>	1,386440	1,407840	1,399010	1,400310	1,395970	1,397400
Sal Solar +10% $\mu$	1,385630	<b>1,407340</b>	1,383840	1,407070	1,399070	1,400630	1,395880	1,397300
Sal Solar +15% $\mu$	1,386370	<b>1,407590</b>	1,381920	1,407330	1,399810	1,400910	1,396410	1,397070
Sal Solar +20% $\mu$	1,385140	<b>1,405080</b>	1,382150	1,404770	1,398820	1,401070	1,396270	1,396790
Sal Solar +25% $\mu$	1,386610	<b>1,405020</b>	1,382400	1,404350	1,397930	1,400030	1,395900	1,397960
Sal Solar +30% $\mu$	1,387320	<b>1,406520</b>	1,386390	1,406330	1,399740	1,402400	1,395940	1,396910
Sal Solar +35% $\mu$	1,385440	<b>1,406890</b>	1,384550	1,406620	1,399240	1,401710	1,396090	1,398280
Sal Solar +40% $\mu$	1,386920	<b>1,406830</b>	1,386000	1,406500	1,399650	1,401150	1,396130	1,398450
Sal Solar +45% $\mu$	1,386790	<b>1,406770</b>	1,385170	1,405680	1,399570	1,401100	1,396080	1,398290
Sal Solar +50% $\mu$	1,386060	<b>1,406270</b>	1,385150	1,406050	1,398880	1,399870	1,395670	1,397820

Tabla 26. Resultados. Producción bruta de electricidad para variaciones de  $\mu$  y de los patrones de flujo.



Tipo Sal	Power Plant (cents/kWhnom)							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% Cp	4,883090	<b>4,786670</b>	4,879400	4,793590	5,635780	5,622440	5,667790	5,659440
Sal Solar -45% Cp	4,827170	<b>4,736870</b>	4,823120	4,742870	5,347020	5,340770	5,375000	5,368230
Sal Solar -40% Cp	4,789730	<b>4,703540</b>	4,786660	4,710930	5,159500	5,160250	5,184880	5,179250
Sal Solar -35% Cp	4,757360	<b>4,680210</b>	4,757520	4,682450	5,029690	5,032350	5,053350	5,048180
Sal Solar -30% Cp	4,737410	<b>4,652000</b>	4,730970	4,659500	4,939990	4,941490	4,960200	4,955720
Sal Solar -25% Cp	4,718640	<b>4,636690</b>	4,713940	4,645640	4,870340	4,870320	4,889300	4,885480
Sal Solar -20% Cp	4,701710	<b>4,618290</b>	4,698360	4,627900	4,812510	4,816470	4,830770	4,831560
Sal Solar -15% Cp	4,687580	<b>4,607580</b>	4,688690	4,616720	4,778770	4,775820	4,788090	4,789330
Sal Solar -10% Cp	4,676170	<b>4,596790</b>	4,674120	4,605640	4,743630	4,743380	4,758460	4,755490
Sal Solar -5% Cp	4,662350	<b>4,590350</b>	4,663550	4,590620	4,716580	4,714320	4,730790	4,727780
Sal Solar	4,655150	<b>4,579330</b>	4,656450	4,583450	4,699040	4,692160	4,710670	4,705200
Sal Solar +5% Cp	4,647910	<b>4,576540</b>	4,651060	4,577480	4,679910	4,674350	4,691600	4,685990
Sal Solar +10% Cp	4,646820	<b>4,572450</b>	4,653100	4,573290	4,663390	4,656940	4,675920	4,669900
Sal Solar +15% Cp	4,638230	<b>4,565510</b>	4,654060	4,566380	4,646840	4,642470	4,659850	4,656590
Sal Solar +20% Cp	4,637170	<b>4,568410</b>	4,647290	4,569410	4,638110	4,629910	4,648150	4,645350
Sal Solar +25% Cp	4,626740	<b>4,563620</b>	4,641360	4,565890	4,630640	4,622940	4,638700	4,630820
Sal Solar +30% Cp	4,619650	<b>4,554210</b>	4,623040	4,554810	4,615140	4,605630	4,629190	4,625020
Sal Solar +35% Cp	4,621960	<b>4,548850</b>	4,625060	4,549750	4,608630	4,599780	4,620440	4,612490
Sal Solar +40% Cp	4,612950	<b>4,545340</b>	4,616230	4,546460	4,599910	4,594330	4,612960	4,605030
Sal Solar +45% Cp	4,609920	<b>4,541980</b>	4,615610	4,545630	4,593680	4,588030	4,606620	4,598390
Sal Solar +50% Cp	4,609040	<b>4,540380</b>	4,612250	4,541340	4,590080	4,582350	4,602020	4,594060

Tabla 27. Resultados. Planta de Energía para variaciones de Cp y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Power Plant (cents/kWhnom)							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% K	4,679710	4,596650	4,685940	<b>4,595360</b>	4,707920	4,694650	4,718770	4,704270
Sal Solar -45% K	4,677370	4,597430	4,688400	<b>4,594410</b>	4,702580	4,690120	4,711860	4,706270
Sal Solar -40% K	4,659580	<b>4,598640</b>	4,684580	4,602000	4,697590	4,692200	4,715580	4,706130
Sal Solar -35% K	4,657150	<b>4,590300</b>	4,663220	4,596010	4,691340	4,690530	4,709100	4,705250
Sal Solar -30% K	4,659330	<b>4,589000</b>	4,663140	4,589350	4,697170	4,691560	4,712610	4,705940
Sal Solar -25% K	4,667720	<b>4,591700</b>	4,670200	4,592170	4,692500	4,686040	4,712850	4,707210
Sal Solar -20% K	4,659150	<b>4,587070</b>	4,661640	4,590590	4,691580	4,690860	4,710050	4,707780
Sal Solar -15% K	4,661800	<b>4,587610</b>	4,675370	4,588620	4,691480	4,692170	4,709480	4,706980
Sal Solar -10% K	4,657540	<b>4,588100</b>	4,672100	4,590130	4,698870	4,693060	4,711390	4,706020
Sal Solar -5% K	4,655740	<b>4,585840</b>	4,658890	4,586710	4,699240	4,693990	4,711010	4,705500
Sal Solar	4,655150	<b>4,579330</b>	4,656450	4,583450	4,699040	4,692160	4,710670	4,705200
Sal Solar +5% K	4,654800	<b>4,577060</b>	4,656070	4,579110	4,693650	4,691520	4,708160	4,704610
Sal Solar +10% K	4,657390	<b>4,582120</b>	4,655220	4,586820	4,692850	4,692480	4,707640	4,704330
Sal Solar +15% K	4,657570	<b>4,581550</b>	4,660870	4,590820	4,694140	4,691100	4,703220	4,704090
Sal Solar +20% K	4,651470	<b>4,578790</b>	4,651370	4,587970	4,686670	4,689680	4,703130	4,704050
Sal Solar +25% K	4,650310	<b>4,578180</b>	4,646660	4,586130	4,692090	4,689410	4,703140	4,705400
Sal Solar +30% K	4,643360	<b>4,578460</b>	4,642240	4,588010	4,691980	4,689330	4,706730	4,705260
Sal Solar +35% K	4,647700	<b>4,575180</b>	4,645780	4,586260	4,690460	4,692760	4,706540	4,704940
Sal Solar +40% K	4,651350	<b>4,574810</b>	4,649850	4,585560	4,691560	4,692790	4,706590	4,701890
Sal Solar +45% K	4,659080	<b>4,576710</b>	4,657640	4,583300	4,690310	4,692850	4,705350	4,702250
Sal Solar +50% K	4,657330	<b>4,579040</b>	4,657560	4,587010	4,688130	4,692990	4,705160	4,702060

Tabla 28. Resultados. Planta de Energía para variaciones de k y de los patrones de flujo.

Tipo Sal	Power Plant (cents/kWhnom)							
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% $\mu$	4,662450	<b>4,571520</b>	4,659030	4,578110	4,682150	4,674950	4,701750	4,697670
Sal Solar -45% $\mu$	4,661910	<b>4,567550</b>	4,655450	4,574070	4,678680	4,673210	4,701560	4,696900
Sal Solar -40% $\mu$	4,655370	<b>4,566630</b>	4,653010	4,573110	4,677780	4,673080	4,700690	4,695990
Sal Solar -35% $\mu$	4,655000	<b>4,579930</b>	4,654790	4,581380	4,683470	4,686860	4,702770	4,699740
Sal Solar -30% $\mu$	4,657980	<b>4,574600</b>	4,651720	4,581240	4,687520	4,689220	4,704620	4,701280
Sal Solar -25% $\mu$	4,658490	<b>4,578260</b>	4,654290	4,586810	4,688000	4,688160	4,705070	4,701940
Sal Solar -20% $\mu$	4,657960	<b>4,575320</b>	4,654310	4,584800	4,684430	4,688300	4,701850	4,702550
Sal Solar -15% $\mu$	4,656980	<b>4,577810</b>	4,658210	4,586900	4,693140	4,690120	4,702200	4,703180
Sal Solar -10% $\mu$	4,657360	<b>4,578360</b>	4,655230	4,587230	4,692340	4,691940	4,707080	4,703860
Sal Solar -5% $\mu$	4,653520	<b>4,581050</b>	4,654750	4,581980	4,693280	4,691170	4,707770	4,704340
Sal Solar	4,655150	<b>4,579330</b>	4,656450	4,583450	4,699040	4,692160	4,710670	4,705200
Sal Solar +5% $\mu$	4,655710	<b>4,584210</b>	4,658840	4,585170	4,699520	4,694260	4,711290	4,705670
Sal Solar +10% $\mu$	4,661620	<b>4,586860</b>	4,667880	4,587770	4,699610	4,693500	4,711940	4,706330
Sal Solar +15% $\mu$	4,659220	<b>4,586120</b>	4,674740	4,586950	4,697320	4,692880	4,710480	4,707450
Sal Solar +20% $\mu$	4,663450	<b>4,594500</b>	4,673940	4,595560	4,701050	4,692680	4,711200	4,708690
Sal Solar +25% $\mu$	4,658530	<b>4,594770</b>	4,673220	4,597030	4,704540	4,696560	4,712760	4,704850
Sal Solar +30% $\mu$	4,656050	<b>4,589850</b>	4,659300	4,590500	4,698500	4,688580	4,712890	4,708820
Sal Solar +35% $\mu$	4,662750	<b>4,588660</b>	4,665780	4,589570	4,700500	4,691290	4,712640	4,704360
Sal Solar +40% $\mu$	4,657630	<b>4,588910</b>	4,660830	4,590060	4,699290	4,693440	4,712830	4,703980
Sal Solar +45% $\mu$	4,658110	<b>4,589210</b>	4,663740	4,592880	4,699890	4,693910	4,713260	4,704840
Sal Solar +50% $\mu$	4,660690	<b>4,590950</b>	4,663820	4,591700	4,702530	4,698500	4,714970	4,706810

Tabla 29. Resultados. Planta de Energía para variaciones de  $\mu$  y de los patrones de flujo.

Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^8$ kWh) annual								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% Cp	3,358030	<b>3,417580</b>	3,360430	3,413870	3,399090	3,401500	3,387130	3,388460
Sal Solar -45% Cp	3,362280	<b>3,418830</b>	3,365690	3,415560	3,399650	3,399300	3,387540	3,388900
Sal Solar -40% Cp	3,362660	<b>3,417910</b>	3,365470	3,413090	3,400040	3,396120	3,387930	3,389160
Sal Solar -35% Cp	3,365150	<b>3,414230</b>	3,365810	3,413460	3,400500	3,397180	3,388310	3,389700
Sal Solar -30% Cp	3,363410	<b>3,418190</b>	3,368360	3,413960	3,398570	3,395270	3,387740	3,389050
Sal Solar -25% Cp	3,363590	<b>3,416500</b>	3,367440	3,411120	3,398870	3,396440	3,388180	3,389250
Sal Solar -20% Cp	3,364620	<b>3,418650</b>	3,367630	3,413000	3,401830	3,396930	3,391160	3,389440
Sal Solar -15% Cp	3,366100	<b>3,420000</b>	3,365500	3,411950	3,396710	3,396280	3,391420	3,389590
Sal Solar -10% Cp	3,366340	<b>3,417350</b>	3,368530	3,412160	3,397740	3,395570	3,388800	3,389640
Sal Solar -5% Cp	3,369150	<b>3,416020</b>	3,369160	3,415850	3,397510	3,396810	3,388830	3,389810
Sal Solar	3,368360	<b>3,417980</b>	3,368340	3,415210	3,394260	3,396670	3,387120	3,389800
Sal Solar +5% Cp	3,368330	<b>3,415020</b>	3,367080	3,414430	3,394430	3,396030	3,387220	3,390000
Sal Solar +10% Cp	3,364750	<b>3,413430</b>	3,360780	3,412870	3,394730	3,396990	3,386920	3,389910
Sal Solar +15% Cp	3,367310	<b>3,414250</b>	3,357060	3,413690	3,396650	3,397570	3,388390	3,389610
Sal Solar +20% Cp	3,364460	<b>3,408710</b>	3,358690	3,408040	3,394620	3,398100	3,388220	3,389150
Sal Solar +25% Cp	3,368230	<b>3,408860</b>	3,359520	3,407350	3,392760	3,395930	3,387600	3,392000
Sal Solar +30% Cp	3,370080	<b>3,412410</b>	3,367920	3,411990	3,397080	3,401510	3,387960	3,389800
Sal Solar +35% Cp	3,366660	<b>3,413420</b>	3,364800	3,412840	3,396120	3,400110	3,388510	3,392830
Sal Solar +40% Cp	3,370240	<b>3,413360</b>	3,368130	3,412650	3,397220	3,399030	3,388760	3,393120
Sal Solar +45% Cp	3,370050	<b>3,413390</b>	3,366310	3,410910	3,397200	3,399020	3,388760	3,393330
Sal Solar +50% Cp	3,368560	<b>3,412350</b>	3,366480	3,411740	3,395780	3,399000	3,388030	3,393250

Tabla 30. Resultados. Energía térmica anual para variaciones de Cp y de los patrones de flujo.

Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^8$ kWh) annual								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% K	3,353360	3,406320	3,348670	<b>3,407160</b>	3,388420	3,394930	3,382030	3,391230
Sal Solar -45% K	3,354750	3,406580	3,346990	<b>3,408650</b>	3,391980	3,397930	3,386300	3,389080
Sal Solar -40% K	3,365570	<b>3,404820</b>	3,349460	3,403470	3,395160	3,396630	3,384030	3,390040
Sal Solar -35% K	3,367840	<b>3,410550</b>	3,363910	3,406710	3,399260	3,397640	3,388230	3,390510
Sal Solar -30% K	3,365720	<b>3,411460</b>	3,363210	3,411240	3,395410	3,397860	3,386740	3,389000
Sal Solar -25% K	3,360280	<b>3,409660</b>	3,358700	3,409370	3,398450	3,400810	3,385760	3,388380
Sal Solar -20% K	3,365810	<b>3,412830</b>	3,364950	3,410470	3,399060	3,397620	3,387630	3,388040
Sal Solar -15% K	3,364070	<b>3,412460</b>	3,355370	3,411790	3,399150	3,396780	3,387960	3,388570
Sal Solar -10% K	3,366870	<b>3,412030</b>	3,357480	3,410630	3,394330	3,396070	3,386720	3,389230
Sal Solar -5% K	3,368030	<b>3,413650</b>	3,366760	3,413080	3,394170	3,395500	3,386970	3,389560
Sal Solar	3,368360	<b>3,417980</b>	3,368340	3,415210	3,394260	3,396670	3,387120	3,389800
Sal Solar +5% K	3,368590	<b>3,418810</b>	3,368590	3,418180	3,397740	3,397030	3,388790	3,390120
Sal Solar +10% K	3,366850	<b>3,415520</b>	3,369140	3,413070	3,398360	3,396430	3,389130	3,390300
Sal Solar +15% K	3,366010	<b>3,415810</b>	3,364030	3,410330	3,397530	3,397390	3,391980	3,390450
Sal Solar +20% K	3,370030	<b>3,416960</b>	3,370280	3,411500	3,402410	3,398350	3,392070	3,390460
Sal Solar +25% K	3,370880	<b>3,418240</b>	3,373340	3,412770	3,398870	3,398410	3,392100	3,389590
Sal Solar +30% K	3,375430	<b>3,418000</b>	3,376260	3,411460	3,398930	3,398510	3,389750	3,389690
Sal Solar +35% K	3,372520	<b>3,420920</b>	3,373880	3,412560	3,399950	3,396390	3,389830	3,389890
Sal Solar +40% K	3,370120	<b>3,420280</b>	3,371210	3,413040	3,399160	3,396350	3,389860	3,391880
Sal Solar +45% K	3,364980	<b>3,419810</b>	3,365990	3,414560	3,399970	3,397210	3,390700	3,391670
Sal Solar +50% K	3,366090	<b>3,418140</b>	3,366050	3,412070	3,401410	3,397060	3,390860	3,391830

Tabla 31. Resultados. Energía térmica anual para variaciones de k y de los patrones de flujo.

Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^8$ kWh) annual								
Tipo Sal	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6	Flujo 7	Flujo 8
Sal Solar -50% $\mu$	3,362270	<b>3,421940</b>	3,364590	3,418220	3,403200	3,405270	3,390940	3,392590
Sal Solar -45% $\mu$	3,362530	<b>3,424640</b>	3,367580	3,421000	3,405200	3,406330	3,390860	3,392790
Sal Solar -40% $\mu$	3,365300	<b>3,425300</b>	3,367660	3,421580	3,405530	3,406750	3,391210	3,393230
Sal Solar -35% $\mu$	3,367370	<b>3,416520</b>	3,368300	3,415560	3,402940	3,399590	3,390900	3,391870
Sal Solar -30% $\mu$	3,365470	<b>3,420160</b>	3,370400	3,415680	3,400520	3,397460	3,389850	3,391030
Sal Solar -25% $\mu$	3,365250	<b>3,417920</b>	3,368780	3,412700	3,400440	3,398290	3,389830	3,390820
Sal Solar -20% $\mu$	3,365580	<b>3,419870</b>	3,368830	3,414200	3,403030	3,398410	3,392100	3,390640
Sal Solar -15% $\mu$	3,366970	<b>3,418210</b>	3,366360	3,412800	3,397560	3,397410	3,392040	3,390450
Sal Solar -10% $\mu$	3,366800	<b>3,417890</b>	3,369080	3,412650	3,398280	3,396390	3,389090	3,390190
Sal Solar -5% $\mu$	3,369410	3,416030	3,369420	<b>3,416110</b>	3,397780	3,397080	3,388830	3,390090
Sal Solar	3,368360	<b>3,417980</b>	3,368340	3,415210	3,394260	3,396670	3,387120	3,389800
Sal Solar +5% $\mu$	3,368070	<b>3,414770</b>	3,366820	3,414180	3,394180	3,395520	3,386990	3,389680
Sal Solar +10% $\mu$	3,364270	<b>3,412950</b>	3,360290	3,412400	3,394260	3,396200	3,386780	3,389440
Sal Solar +15% $\mu$	3,366610	<b>3,413560</b>	3,356610	3,412990	3,395970	3,396880	3,387940	3,388890
Sal Solar +20% $\mu$	3,363820	<b>3,407810</b>	3,357820	3,407150	3,393720	3,397210	3,387590	3,388230
Sal Solar +25% $\mu$	3,367150	<b>3,407780</b>	3,358440	3,406270	3,391680	3,394840	3,386780	3,390940
Sal Solar +30% $\mu$	3,368820	<b>3,411160</b>	3,366750	3,410730	3,395820	3,400230	3,386970	3,388530
Sal Solar +35% $\mu$	3,365230	<b>3,411990</b>	3,363350	3,411400	3,394690	3,398660	3,387360	3,391630
Sal Solar +40% $\mu$	3,368640	<b>3,411810</b>	3,366550	3,411090	3,395630	3,397420	3,387440	3,392040
Sal Solar +45% $\mu$	3,368330	<b>3,411640</b>	3,364650	3,409180	3,395460	3,397260	3,387320	3,391540
Sal Solar +50% $\mu$	3,366670	<b>3,410460</b>	3,364590	3,409980	3,393910	3,395170	3,386420	3,391370

Tabla 32. Resultados. Energía térmica anual para variaciones de  $\mu$  y de los patrones de flujo.

**ANEXO II. TABLAS DE RESULTADOS PARA LAS  
VARIACIONES DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE  
LA SAL**





## 9. Anexo II. Tablas de resultados para las variaciones de las propiedades termofísicas de la sal.

Tipo Sal	Energía Anual ( $\cdot 10^7$ kWh)	$\Delta E$ (%)
Sal Solar -50% Cp	8,351680	-3,76
Sal Solar -45% Cp	8,434990	-2,80
Sal Solar -40% Cp	8,486660	-2,21
Sal Solar -35% Cp	8,527240	-1,74
Sal Solar -30% Cp	8,572950	-1,21
Sal Solar -25% Cp	8,595440	-0,95
Sal Solar -20% Cp	8,633620	-0,51
Sal Solar -15% Cp	8,653850	-0,28
Sal Solar -10% Cp	8,670390	-0,09
Sal Solar -5% Cp	8,677010	-0,01
Sal Solar	8,678120	
Sal Solar +5% Cp	8,688630	0,12
Sal Solar +10% Cp	8,695660	0,20
Sal Solar +15% Cp	8,710980	0,38
Sal Solar +20% Cp	8,710830	0,38
Sal Solar +25% Cp	8,716230	0,44
Sal Solar +30% Cp	8,733370	0,64
Sal Solar +35% Cp	8,744880	0,77
Sal Solar +40% Cp	<b>8,752320</b>	<b>0,86</b>
Sal Solar +45% Cp	8,748610	0,81
Sal Solar +50% Cp	8,748160	0,81

Tabla 33. Resultados. Energía anual para variaciones de Cp.

Tipo Sal	Energía Anual ( $\cdot 10^7$ kWh)	$\Delta E$ (%)
Sal Solar -50% k	8,637910	-0,46
Sal Solar -45% k	8,632780	-0,52
Sal Solar -40% k	8,639540	-0,44
Sal Solar -35% k	8,647870	-0,35
Sal Solar -30% k	8,645310	-0,38
Sal Solar -25% k	8,653700	-0,28
Sal Solar -20% k	8,652730	-0,29
Sal Solar -15% k	8,670090	-0,09
Sal Solar -10% k	8,664390	-0,16
Sal Solar -5% k	8,670720	-0,09
Sal Solar	8,678120	0,00
Sal Solar +5% k	8,702980	0,29
Sal Solar +10% k	8,698080	0,23
Sal Solar +15% k	8,692260	0,16
Sal Solar +20% k	8,691830	0,16
Sal Solar +25% k	8,692850	0,17
Sal Solar +30% k	8,698530	0,24
Sal Solar +35% k	8,706510	0,33
Sal Solar +40% k	<b>8,707380</b>	<b>0,34</b>
Sal Solar +45% k	8,706120	0,32
Sal Solar +50% k	8,696980	0,22

Tabla 34. Resultados. Energía anual para variaciones de k.

Tipo Sal	Energía Anual ( $\cdot 10^7$ kWh)	$\Delta E$ (%)
Sal Solar -50% $\mu$	8,706110	0,32
Sal Solar -45% $\mu$	8,712150	0,39
Sal Solar -40% $\mu$	<b>8,713050</b>	<b>0,40</b>
Sal Solar -35% $\mu$	8,700840	0,26
Sal Solar -30% $\mu$	8,708330	0,35
Sal Solar -25% $\mu$	8,698770	0,24
Sal Solar -20% $\mu$	8,710090	0,37
Sal Solar -15% $\mu$	8,707140	0,33
Sal Solar -10% $\mu$	8,703560	0,29
Sal Solar -5% $\mu$	8,692560	0,17
Sal Solar	8,678120	0,00
Sal Solar +5% $\mu$	8,674800	-0,04
Sal Solar +10% $\mu$	8,669450	-0,10
Sal Solar +15% $\mu$	8,673580	-0,05
Sal Solar +20% $\mu$	8,663340	-0,17
Sal Solar +25% $\mu$	8,659510	-0,21
Sal Solar +30% $\mu$	8,668140	-0,12
Sal Solar +35% $\mu$	8,671840	-0,07
Sal Solar +40% $\mu$	8,672100	-0,07
Sal Solar +45% $\mu$	8,661820	-0,19
Sal Solar +50% $\mu$	8,655260	-0,26

Tabla 35. Resultados. Energía anual para variaciones de  $\mu$ .

Tipo Sal	LCOE	$\Delta$ LCOE (%)
Sal Solar -50% Cp	43,13630	3,86
Sal Solar -45% Cp	42,71590	2,84
Sal Solar -40% Cp	42,45930	2,23
Sal Solar -35% Cp	42,25990	1,75
Sal Solar -30% Cp	42,03770	1,21
Sal Solar -25% Cp	41,92910	0,95
Sal Solar -20% Cp	41,74630	0,51
Sal Solar -15% Cp	41,65000	0,28
Sal Solar -10% Cp	41,57160	0,09
Sal Solar -5% Cp	41,54040	0,01
Sal Solar	41,53510	0,00
Sal Solar +5% Cp	41,48550	-0,12
Sal Solar +10% Cp	41,45250	-0,20
Sal Solar +15% Cp	41,38060	-0,37
Sal Solar +20% Cp	41,38120	-0,37
Sal Solar +25% Cp	41,35600	-0,43
Sal Solar +30% Cp	41,27600	-0,62
Sal Solar +35% Cp	41,22240	-0,75
Sal Solar +40% Cp	<b>41,18780</b>	<b>-0,84</b>
Sal Solar +45% Cp	41,20500	-0,79
Sal Solar +50% Cp	41,20710	-0,79

Tabla 36. Resultados. LCOE, variaciones de Cp.

Tipo Sal	LCOE	$\Delta$ LCOE (%)
Sal Solar -50% K	41,72580	0,46
Sal Solar -45% K	41,75020	0,52
Sal Solar -40% K	41,71810	0,44
Sal Solar -35% K	41,67840	0,35
Sal Solar -30% K	41,69050	0,37
Sal Solar -25% K	41,65070	0,28
Sal Solar -20% K	41,65530	0,29
Sal Solar -15% K	41,57300	0,09
Sal Solar -10% K	41,60000	0,16
Sal Solar -5% K	41,57010	0,08
Sal Solar	41,53510	0,00
Sal Solar +5% K	41,41800	-0,28
Sal Solar +10% K	41,44110	-0,23
Sal Solar +15% K	41,46840	-0,16
Sal Solar +20% K	41,47050	-0,16
Sal Solar +25% K	41,46570	-0,17
Sal Solar +30% K	41,43900	-0,23
Sal Solar +35% K	41,40150	-0,32
Sal Solar +40% K	<b>41,39750</b>	<b>-0,33</b>
Sal Solar +45% K	41,40330	-0,32
Sal Solar +50% K	41,44630	-0,21

Tabla 37. Resultados. LCOE, variaciones de k.

Tipo Sal	LCOE	$\Delta$ LCOE (%)
Sal Solar -50% $\mu$	41,40340	-0,32
Sal Solar -45% $\mu$	41,37510	-0,39
Sal Solar -40% $\mu$	<b>41,37090</b>	<b>-0,40</b>
Sal Solar -35% $\mu$	41,42810	-0,26
Sal Solar -30% $\mu$	41,39300	-0,34
Sal Solar -25% $\mu$	41,43780	-0,23
Sal Solar -20% $\mu$	41,38470	-0,36
Sal Solar -15% $\mu$	41,39850	-0,33
Sal Solar -10% $\mu$	41,41540	-0,29
Sal Solar -5% $\mu$	41,46700	-0,16
Sal Solar	41,53510	0,00
Sal Solar +5% $\mu$	41,55070	0,04
Sal Solar +10% $\mu$	41,57610	0,10
Sal Solar +15% $\mu$	41,55660	0,05
Sal Solar +20% $\mu$	41,60500	0,17
Sal Solar +25% $\mu$	41,62310	0,21
Sal Solar +30% $\mu$	41,58230	0,11
Sal Solar +35% $\mu$	41,56480	0,07
Sal Solar +40% $\mu$	41,56350	0,07
Sal Solar +45% $\mu$	41,61220	0,19
Sal Solar +50% $\mu$	41,64320	0,26

Tabla 38. Resultados. LCOE, variaciones de  $\mu$

Tipo Sal	Gross to Net	$\Delta$ Gross to Net (%)
Sal Solar -50% Cp	0,8336840	-4,05
Sal Solar -45% Cp	0,8412270	-3,18
Sal Solar -40% Cp	0,8470040	-2,51
Sal Solar -35% Cp	0,8516540	-1,98
Sal Solar -30% Cp	0,8555130	-1,53
Sal Solar -25% Cp	0,8586590	-1,17
Sal Solar -20% Cp	0,8613850	-0,86
Sal Solar -15% Cp	0,8636500	-0,60
Sal Solar -10% Cp	0,8656400	-0,37
Sal Solar -5% Cp	0,8673450	-0,17
Sal Solar	0,8688300	0,00
Sal Solar +5% Cp	0,8702000	0,16
Sal Solar +10% Cp	0,8714050	0,30
Sal Solar +15% Cp	0,8725240	0,43
Sal Solar +20% Cp	0,8734930	0,54
Sal Solar +25% Cp	0,8743900	0,64
Sal Solar +30% Cp	0,8752720	0,74
Sal Solar +35% Cp	0,8760540	0,83
Sal Solar +40% Cp	0,8767690	0,91
Sal Solar +45% Cp	0,8773740	0,98
Sal Solar +50% Cp	<b>0,8779570</b>	<b>1,05</b>

Tabla 39. Resultados, Factor de conversión bruto a red, variaciones de Cp.

Tipo Sal	Gross to Net	$\Delta$ Gross to Net (%)
Sal Solar -50% K	0,868643	-0,02
Sal Solar -45% K	0,86862	-0,02
Sal Solar -40% K	0,868668	-0,02
Sal Solar -35% K	0,868696	-0,02
Sal Solar -30% K	0,868693	-0,02
Sal Solar -25% K	0,86872	-0,01
Sal Solar -20% K	0,868725	-0,01
Sal Solar -15% K	0,868792	0,00
Sal Solar -10% K	0,868769	-0,01
Sal Solar -5% K	0,868794	0,00
Sal Solar	0,8688300	0,00
Sal Solar +5% K	0,868921	0,01
Sal Solar +10% K	0,868896	0,01
Sal Solar +15% K	0,868863	0,00
Sal Solar +20% K	0,868883	0,01
Sal Solar +25% K	0,868888	0,01
Sal Solar +30% K	0,868928	0,01
Sal Solar +35% K	0,868949	0,01
Sal Solar +40% K	<b>0,86895</b>	<b>0,01</b>
Sal Solar +45% K	0,868936	0,01
Sal Solar +50% K	0,868888	0,01

Tabla 40. Resultados, Factor de conversión bruto a red, variaciones de k.



Tipo Sal	Gross to Net	$\Delta$ Gross to Net (%)
Sal Solar -50% $\mu$	0,8690630	0,03
Sal Solar -45% $\mu$	0,8691000	0,03
Sal Solar -40% $\mu$	<b>0,8691240</b>	<b>0,03</b>
Sal Solar -35% $\mu$	0,8689930	0,02
Sal Solar -30% $\mu$	0,8690230	0,02
Sal Solar -25% $\mu$	0,8689820	0,02
Sal Solar -20% $\mu$	0,8690140	0,02
Sal Solar -15% $\mu$	0,8689690	0,02
Sal Solar -10% $\mu$	0,8689520	0,01
Sal Solar -5% $\mu$	0,8689000	0,01
Sal Solar	0,8688300	0,00
Sal Solar +5% $\mu$	0,8688160	0,00
Sal Solar +10% $\mu$	0,8687790	-0,01
Sal Solar +15% $\mu$	0,8687780	-0,01
Sal Solar +20% $\mu$	0,8687300	-0,01
Sal Solar +25% $\mu$	0,8687010	-0,01
Sal Solar +30% $\mu$	0,8687340	-0,01
Sal Solar +35% $\mu$	0,8687360	-0,01
Sal Solar +40% $\mu$	0,8687330	-0,01
Sal Solar +45% $\mu$	0,8686710	-0,02
Sal Solar +50% $\mu$	0,8686340	-0,02

Tabla 41. Resultados, Factor de conversión bruto a red, variaciones de  $\mu$ .

Tipo Sal	Gross Electricity Output ( $\cdot 10^8$ kWh)	$\Delta$ Gross Electricity Output (%)
Sal Solar -50% Cp	1,043520	0,30
Sal Solar -45% Cp	<b>1,044480</b>	<b>0,39</b>
Sal Solar -40% Cp	1,043710	0,31
Sal Solar -35% Cp	1,042970	0,24
Sal Solar -30% Cp	1,043840	0,33
Sal Solar -25% Cp	1,042740	0,22
Sal Solar -20% Cp	1,044060	0,35
Sal Solar -15% Cp	1,043760	0,32
Sal Solar -10% Cp	1,043350	0,28
Sal Solar -5% Cp	1,042090	0,16
Sal Solar	1,040450	0,00
Sal Solar +5% Cp	1,040070	-0,04
Sal Solar +10% Cp	1,039470	-0,09
Sal Solar +15% Cp	1,039960	-0,05
Sal Solar +20% Cp	1,038790	-0,16
Sal Solar +25% Cp	1,038370	-0,20
Sal Solar +30% Cp	1,039360	-0,10
Sal Solar +35% Cp	1,039800	-0,06
Sal Solar +40% Cp	1,039840	-0,06
Sal Solar +45% Cp	1,038680	-0,17
Sal Solar +50% Cp	1,037940	-0,24

Tabla 42. Resultados, Producción eléctrica bruta, variaciones de Cp.

T

Tipo Sal	Gross Electricity Output ( $\cdot 10^8$ kWh)	$\Delta$ Gross Electricity Output (%)
Sal Solar -50% K	1,035850	-0,44
Sal Solar -45% K	1,035260	-0,50
Sal Solar -40% K	1,036010	-0,43
Sal Solar -35% K	1,036980	-0,33
Sal Solar -30% K	1,036680	-0,36
Sal Solar -25% K	1,037650	-0,27
Sal Solar -20% K	1,037530	-0,28
Sal Solar -15% K	1,039530	-0,09
Sal Solar -10% K	1,038870	-0,15
Sal Solar -5% K	1,039600	-0,08
Sal Solar	1,040450	0,00
Sal Solar +5% K	1,043320	0,28
Sal Solar +10% K	1,042760	0,22
Sal Solar +15% K	1,042100	0,16
Sal Solar +20% K	1,042030	0,15
Sal Solar +25% K	1,042140	0,16
Sal Solar +30% K	1,042780	0,22
Sal Solar +35% K	1,043710	0,31
Sal Solar +40% K	<b>1,043810</b>	<b>0,32</b>
Sal Solar +45% K	1,043680	0,31
Sal Solar +50% K	1,042640	0,21

Tabla 43. Resultados, Producción eléctrica bruta, variaciones de k.

Tipo Sal	Gross Electricity Output ( $\cdot 10^8$ kWh)	$\Delta$ Gross Electricity Output (%)
Sal Solar -50% $\mu$	1,043520	0,30
Sal Solar -45% $\mu$	1,044200	0,36
Sal Solar -40% $\mu$	<b>1,044280</b>	<b>0,37</b>
Sal Solar -35% $\mu$	1,042970	0,24
Sal Solar -30% $\mu$	1,043840	0,33
Sal Solar -25% $\mu$	1,042740	0,22
Sal Solar -20% $\mu$	1,044060	0,35
Sal Solar -15% $\mu$	1,043760	0,32
Sal Solar -10% $\mu$	1,043350	0,28
Sal Solar -5% $\mu$	1,042090	0,16
Sal Solar	1,040450	0,00
Sal Solar +5% $\mu$	1,040070	-0,04
Sal Solar +10% $\mu$	1,039470	-0,09
Sal Solar +15% $\mu$	1,039960	-0,05
Sal Solar +20% $\mu$	1,038790	-0,16
Sal Solar +25% $\mu$	1,038370	-0,20
Sal Solar +30% $\mu$	1,039360	-0,10
Sal Solar +35% $\mu$	1,039800	-0,06
Sal Solar +40% $\mu$	1,039840	-0,06
Sal Solar +45% $\mu$	1,038680	-0,17
Sal Solar +50% $\mu$	1,037940	-0,24

Tabla 44. Resultados, Producción eléctrica bruta, variaciones de  $\mu$ .

Tipo Sal	Power Plant (cents/kWh nom)	$\Delta$ Power Plant (%)
Sal Solar -50% Cp	6,520170	3,89
Sal Solar -45% Cp	6,456130	2,87
Sal Solar -40% Cp	6,417050	2,24
Sal Solar -35% Cp	6,386690	1,76
Sal Solar -30% Cp	6,352830	1,22
Sal Solar -25% Cp	6,336300	0,96
Sal Solar -20% Cp	6,308450	0,51
Sal Solar -15% Cp	6,293790	0,28
Sal Solar -10% Cp	6,281840	0,09
Sal Solar -5% Cp	6,277090	0,01
Sal Solar	6,276290	0,00
Sal Solar +5% Cp	6,268730	-0,12
Sal Solar +10% Cp	6,263700	-0,20
Sal Solar +15% Cp	6,252750	-0,38
Sal Solar +20% Cp	6,252850	-0,37
Sal Solar +25% Cp	6,249010	-0,43
Sal Solar +30% Cp	6,236820	-0,63
Sal Solar +35% Cp	6,228650	-0,76
Sal Solar +40% Cp	<b>6,223390</b>	<b>-0,84</b>
Sal Solar +45% Cp	6,226010	-0,80
Sal Solar +50% Cp	6,226330	-0,80

Tabla 45. Resultados, Planta de energía, variaciones de Cp.

Tipo Sal	Power Plant (cents/kWh nom)	$\Delta$ Power Plant (%)
Sal Solar -50% k	6,305330	0,46
Sal Solar -45% k	6,309050	0,52
Sal Solar -40% k	6,304150	0,44
Sal Solar -35% k	6,298120	0,35
Sal Solar -30% k	6,299960	0,38
Sal Solar -25% k	6,293900	0,28
Sal Solar -20% k	6,294600	0,29
Sal Solar -15% k	6,282060	0,09
Sal Solar -10% k	6,286170	0,16
Sal Solar -5% k	6,281610	0,08
Sal Solar	6,276290	0,00
Sal Solar +5% k	6,258450	-0,28
Sal Solar +10% k	6,261970	-0,23
Sal Solar +15% k	6,266130	-0,16
Sal Solar +20% k	6,266440	-0,16
Sal Solar +25% k	6,265720	-0,17
Sal Solar +30% k	6,261650	-0,23
Sal Solar +35% k	6,255940	-0,32
Sal Solar +40% k	<b>6,255320</b>	<b>-0,33</b>
Sal Solar +45% k	6,256210	-0,32
Sal Solar +50% k	6,262750	-0,22

Tabla 46. Resultados, Planta de energía, variaciones de k.

Tipo Sal	Power Plant (cents/kWh nom)	$\Delta$ Power Plant (%)
Sal Solar -50% $\mu$	6,256220	-0,32
Sal Solar -45% $\mu$	6,251920	-0,39
Sal Solar -40% $\mu$	<b>6,251280</b>	<b>-0,40</b>
Sal Solar -35% $\mu$	6,259990	-0,26
Sal Solar -30% $\mu$	6,254640	-0,34
Sal Solar -25% $\mu$	6,261470	-0,24
Sal Solar -20% $\mu$	6,253380	-0,37
Sal Solar -15% $\mu$	6,255480	-0,33
Sal Solar -10% $\mu$	6,258050	-0,29
Sal Solar -5% $\mu$	6,265920	-0,17
Sal Solar	6,276290	0,00
Sal Solar +5% $\mu$	6,278660	0,04
Sal Solar +10% $\mu$	6,282530	0,10
Sal Solar +15% $\mu$	6,279550	0,05
Sal Solar +20% $\mu$	6,286930	0,17
Sal Solar +25% $\mu$	6,289690	0,21
Sal Solar +30% $\mu$	6,283470	0,11
Sal Solar +35% $\mu$	6,280810	0,07
Sal Solar +40% $\mu$	6,280610	0,07
Sal Solar +45% $\mu$	6,288020	0,19
Sal Solar +50% $\mu$	6,292760	0,26

Tabla 47. Resultados, Planta de energía, variaciones de  $\mu$ .

Tipo Sal	Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^3$ kWh)	$\Delta$ Thermal Energy (%)
Sal Solar -50% Cp	2,593060	0,28
Sal Solar -45% Cp	<b>2,595150</b>	<b>0,36</b>
Sal Solar -40% Cp	2,594200	0,32
Sal Solar -35% Cp	2,591940	0,23
Sal Solar -30% Cp	2,593690	0,30
Sal Solar -25% Cp	2,590530	0,18
Sal Solar -20% Cp	2,594080	0,31
Sal Solar -15% Cp	2,593500	0,29
Sal Solar -10% Cp	2,592600	0,26
Sal Solar -5% Cp	2,589670	0,14
Sal Solar	2,585940	0,00
Sal Solar +5% Cp	2,585190	-0,03
Sal Solar +10% Cp	2,583890	-0,08
Sal Solar +15% Cp	2,585010	-0,04
Sal Solar +20% Cp	2,582290	-0,14
Sal Solar +25% Cp	2,581390	-0,18
Sal Solar +30% Cp	2,583660	-0,09
Sal Solar +35% Cp	2,584600	-0,05
Sal Solar +40% Cp	2,584760	-0,05
Sal Solar +45% Cp	2,582140	-0,15
Sal Solar +50% Cp	2,580370	-0,22

Tabla 48. Resultados, Energía térmica anual al bloque de potencia, variaciones de Cp.



Tipo Sal	Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^8$ kWh)	$\Delta$ Thermal Energy (%)
Sal Solar -50% k	2,5757200	-0,40
Sal Solar -45% k	2,5743200	-0,45
Sal Solar -40% k	2,5758700	-0,39
Sal Solar -35% k	2,5782100	-0,30
Sal Solar -30% k	2,5776000	-0,32
Sal Solar -25% k	2,5797700	-0,24
Sal Solar -20% k	2,5795300	-0,25
Sal Solar -15% k	2,5839400	-0,08
Sal Solar -10% k	2,5825500	-0,13
Sal Solar -5% k	2,5841700	-0,07
Sal Solar	2,5859400	0,00
Sal Solar +5% k	2,5924700	0,25
Sal Solar +10% k	2,5913000	0,21
Sal Solar +15% k	2,5898000	0,15
Sal Solar +20% k	2,5887000	0,11
Sal Solar +25% k	2,5889800	0,12
Sal Solar +30% k	2,5906300	0,18
Sal Solar +35% k	2,5933700	0,29
Sal Solar +40% k	2,5936900	0,30
Sal Solar +45% k	<b>2,5941600</b>	<b>0,32</b>
Sal Solar +50% k	2,5917000	0,22

Tabla 49. Resultados, Energía térmica anual al bloque de potencia, variaciones de k.

Tipo Sal	Thermal Energy to Power Block ( $\cdot 10^3$ kWh)	$\Delta$ Thermal Energy (%)
Sal Solar -50% $\mu$	2,593060	0,28
Sal Solar -45% $\mu$	2,594610	0,34
Sal Solar -40% $\mu$	<b>2,594820</b>	<b>0,34</b>
Sal Solar -35% $\mu$	2,591940	0,23
Sal Solar -30% $\mu$	2,593690	0,30
Sal Solar -25% $\mu$	2,590530	0,18
Sal Solar -20% $\mu$	2,594080	0,31
Sal Solar -15% $\mu$	2,593500	0,29
Sal Solar -10% $\mu$	2,592600	0,26
Sal Solar -5% $\mu$	2,589670	0,14
Sal Solar	2,585940	0,00
Sal Solar +5% $\mu$	2,585190	-0,03
Sal Solar +10% $\mu$	2,583890	-0,08
Sal Solar +15% $\mu$	2,585010	-0,04
Sal Solar +20% $\mu$	2,582290	-0,14
Sal Solar +25% $\mu$	2,581390	-0,18
Sal Solar +30% $\mu$	2,583660	-0,09
Sal Solar +35% $\mu$	2,584600	-0,05
Sal Solar +40% $\mu$	2,584760	-0,05
Sal Solar +45% $\mu$	2,582140	-0,15
Sal Solar +50% $\mu$	2,580370	-0,22

Tabla 50. Resultados, Energía térmica anual al bloque de potencia, variaciones de  $\mu$ .

	SAL SOLAR	-5% Cp	-10% Cp	-15% Cp	-20 % Cp	-25% Cp
Ene	27674,4	27675,3	27677,1	27680,2	27683,2	27682,7
Feb	26914,6	26914	26911	26909,5	26908,5	26820,4
Mar	25634,7	25911,7	26187,5	26193,8	26192,2	26189,1
Abr	16658,4	16662,6	16663,4	16663,1	16714,2	16443,9
May	18697,4	18697,5	18697,6	18697,7	18698,4	18698
Jun	11145,5	11145,2	11144,6	11144,2	11144,3	11143,4
Jul	9643,83	9732,9	9753,09	9753,53	9752,72	9753,02
Ago	18466,9	18467,9	18468,5	18552,5	18553,1	18554,1
Sep	18780,3	18779,6	18780,9	18779,3	18783,4	18783,4
Oct	23221,1	23220,3	23218,2	23214,1	23212,1	23215,9
Nov	29176,6	29178,6	29180,6	29182,6	29184,6	29186,3
Dic	32579,7	32581,6	32577,1	32579,1	32581	32583
	SAL SOLAR	-30% Cp	-35% Cp	-40% Cp	-45% Cp	-50% Cp
Ene	27674,4	27682,3	27686,1	27681,1	27682,1	27680,3
Feb	26914,6	26823,7	26825,6	26823,6	26821,7	26690,6
Mar	25634,7	26196,3	26197,6	26197,8	26280,3	26283
Abr	16658,4	16744,4	16695,8	16695,1	16694,4	16700,7
May	18697,4	18698,2	18698	18781,4	18882,1	18782,2
Jun	11145,5	11143,3	11142,6	11143,2	11142,7	11143,5
Jul	9643,83	9751,69	9751,77	9754,06	9756,29	9756,75
Ago	18466,9	18554,9	18417,4	18557,3	18558	18559,6
Sep	18780,3	18783,7	18784,2	18783	18702,6	18703,4
Oct	23221,1	23218,2	23224,2	23228,7	23221,2	23228,1
Nov	29176,6	29188,1	29190	29191,9	29193,9	29195,9
Dic	32579,7	32584,6	32580,7	32582,4	32579,4	32581,8

Tabla 51. Resultados, Energía térmica mensual  $\cdot 10^3$  kWh al bloque de potencia, variaciones negativas de Cp.

	<b>SAL SOLAR</b>	<b>+5% Cp</b>	<b>+10% Cp</b>	<b>+15% Cp</b>	<b>+20% Cp</b>	<b>+25% Cp</b>
<b>Ene</b>	27674,4	27675,3	27677,4	27677,3	27401,9	27484,7
<b>Feb</b>	26914,6	26914,5	26913,8	26914,7	26914,7	26915,3
<b>Mar</b>	25634,7	25552,8	25551,6	25551,3	25551	25548,4
<b>Abr</b>	16658,4	16797,2	16797,7	16798,8	16799,4	16827,5
<b>May</b>	18697,4	18697,3	18697,3	18697,2	18697,2	18695,7
<b>Jun</b>	11145,5	11145,1	11145,4	11145,7	11144,6	11145,4
<b>Jul</b>	9643,83	9642,87	9658,59	9640,74	9656,77	9588,98
<b>Ago</b>	18466,9	18465,6	18465,1	18464	18463,2	18462,5
<b>Sep</b>	18780,3	18777,9	18775,3	18780,7	18777,3	18776,1
<b>Oct</b>	23221,1	23222,9	23082,5	23085,3	23081,6	23081,1
<b>Nov</b>	29176,6	29174,7	29172,8	29171	29169,1	29167,3
<b>Dic</b>	32579,7	32452,7	32451	32574,2	32572,4	32445,7
	<b>SAL SOLAR</b>	<b>+30% Cp</b>	<b>+35% Cp</b>	<b>+40% Cp</b>	<b>+45% Cp</b>	<b>+50% Cp</b>
<b>Ene</b>	27674,4	27758,8	27760,1	27759,9	27485,9	27569,7
<b>Feb</b>	26914,6	26911,2	26907,4	26907,3	26910,2	26910,4
<b>Mar</b>	25634,7	25549,4	25546,9	25545,7	25545,2	25544,1
<b>Abr</b>	16658,4	16827,4	16935,2	16950,4	16951,7	16961,3
<b>May</b>	18697,4	18704,5	18703,5	18701,8	18702	18589,6
<b>Jun</b>	11145,5	11144,3	11144,8	11144,4	11143,5	11142
<b>Jul</b>	9643,83	9588,42	9591,43	9588,46	9592,53	9581,64
<b>Ago</b>	18466,9	18461,9	18461,6	18459,8	18458,9	18458,7
<b>Sep</b>	18780,3	18639,6	18635,5	18638,4	18734,6	18734
<b>Oct</b>	23221,1	23170,8	23167,6	23171,4	23170,6	23169,1
<b>Nov</b>	29176,6	29165,4	29163,5	29161,7	29074	29072,3
<b>Dic</b>	32579,7	32444,1	32442,3	32446,7	32444,6	32304,5

Tabla 52. Resultados, Energía térmica mensual  $\cdot 10^3$  kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de Cp.

	<b>SAL SOLAR</b>	<b>-5% k</b>	<b>-10% k</b>	<b>-15% k</b>	<b>-20 % k</b>	<b>-25% k</b>
<b>Ene</b>	27674,4	27675,3	27677,4	27678,4	27400,6	27481,2
<b>Feb</b>	26914,6	26914,8	26775,5	26913,8	26914,3	26916,7
<b>Mar</b>	25634,7	25552,6	25551,7	25548,9	25548,0	25546,1
<b>Abr</b>	16658,4	16797,1	16797,6	16798,5	16799,3	16827,3
<b>May</b>	18697,4	18597,2	18596,7	18596,8	18598,3	18602,8
<b>Jun</b>	11145,5	11145,0	11145,1	11144,5	11144,4	11143,0
<b>Jul</b>	9643,83	9642,66	9638,72	9647,09	9580,23	9588,62
<b>Ago</b>	18466,9	18465,5	18464,3	18463,1	18462,1	18460,6
<b>Sep</b>	18780,3	18777,6	18774,6	18778,7	18639,8	18637,6
<b>Oct</b>	23221,1	23222,3	23085,9	23081,9	23171,6	23168,0
<b>Nov</b>	29176,6	29174,4	29172,0	29169,3	29249,9	29163,1
<b>Dic</b>	32579,7	32452,4	32575,2	32572,6	32444,9	32441,9
	<b>SAL SOLAR</b>	<b>-30% K</b>	<b>-35% K</b>	<b>-40% K</b>	<b>-45% K</b>	<b>-50% K</b>
<b>Ene</b>	27674,4	27483,0	27480,5	27480,5	27295,9	27296,7
<b>Feb</b>	26914,6	26908,6	26905,0	26764,8	26818,4	26818,6
<b>Mar</b>	25634,7	25544,0	25542,7	25456,1	25457,9	25728,7
<b>Abr</b>	16658,4	16948,4	16950,1	16965,6	16974,0	16977,9
<b>May</b>	18697,4	18489,7	18487,6	18487,4	18487,0	18488,2
<b>Jun</b>	11145,5	11142,3	11141,1	11140,5	11158,1	11055,0
<b>Jul</b>	9643,83	9589,67	9588,74	9579,56	9531,80	9546,50
<b>Ago</b>	18466,9	18458,7	18457,6	18456,0	18452,9	18450,0
<b>Sep</b>	18780,3	18632,0	18731,3	18730,8	18742,6	18701,1
<b>Oct</b>	23221,1	23184,0	23165,1	23162,9	23158,8	23160,4
<b>Nov</b>	29176,6	29073,6	29069,6	29065,1	29060,0	29059,2
<b>Dic</b>	32579,7	32305,8	32301,8	32297,4	32294,6	32289,3

Tabla 53. Resultados, Energía térmica mensual  $\cdot 10^3$  kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de k.

	SAL SOLAR	+5% k	+10% k	+15% k	+20% k	+25% k
<b>Ene</b>	27674,4	27952,1	27953,9	27680,2	27678,1	27682,3
<b>Feb</b>	26914,6	26914,2	26911,3	26914,0	26905,3	26903,9
<b>Mar</b>	25634,7	25911,8	25911,3	26194,0	26192,0	26190,6
<b>Abr</b>	16658,4	16662,7	16663,6	16663,4	16427,7	16445,6
<b>May</b>	18697,4	18697,4	18697,6	18459,4	18459,1	18459,3
<b>Jun</b>	11145,5	11145,3	11144,9	11144,6	11145,0	11144,3
<b>Jul</b>	9643,83	9733,08	9753,40	9753,88	9752,53	9753,47
<b>Ago</b>	18466,9	18468,0	18330,3	18414,2	18553,0	18553,6
<b>Sep</b>	18780,3	18781,2	18780,9	18781,5	18780,5	18783,9
<b>Oct</b>	23221,1	23220,3	23218,3	23214,1	23211,9	23213,6
<b>Nov</b>	29176,6	29178,7	29180,6	29182,4	29184,0	29185,4
<b>Dic</b>	32579,7	32581,7	32583,6	32578,9	32580,5	32581,9
	SAL SOLAR	+30% k	+35% k	+40% k	+45% k	+50% k
<b>Ene</b>	27674,4	27682,8	27682,6	27683,6	27683,8	27681,4
<b>Feb</b>	26914,6	26820,5	26821,5	26820,9	26825,6	26581,9
<b>Mar</b>	25634,7	26195,1	26196,4	26196,8	26197,7	26197,3
<b>Abr</b>	16658,4	16444,2	16712,3	16744,5	16696,6	16696,1
<b>May</b>	18697,4	18698,3	18698,4	18698,6	18781,5	18781,4
<b>Jun</b>	11145,5	11144,4	11144,1	11143,5	11143,1	11143,2
<b>Jul</b>	9643,83	9753,91	9753,84	9752,39	9752,55	9752,40
<b>Ago</b>	18466,9	18554,3	18554,8	18555,3	18555,7	18556,2
<b>Sep</b>	18780,3	18783,9	18784,0	18784,8	18784,5	18784,7
<b>Oct</b>	23221,1	23215,8	23216,4	23220,5	23224,3	23221,9
<b>Nov</b>	29176,6	29186,7	29187,9	29189,0	29190,0	29191,0
<b>Dic</b>	32579,7	32583,3	32584,7	32579,3	32580,5	32582,0

Tabla 54. Resultados, Energía térmica mensual  $\cdot 10^3$  kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de k.

	SAL SOLAR	-5% $\mu$	-10% $\mu$	-15% $\mu$	-20% $\mu$	-25% $\mu$
Ene	27674,4	27675,3	27677,1	27680,2	27683,2	27682,7
Feb	26914,6	26914	26911	26909,5	26908,5	26820,4
Mar	25634,7	25911,7	26187,5	26193,8	26192,2	26189,1
Abr	16658,4	16662,6	16663,4	16663,1	16714,2	16443,9
May	18697,4	18697,5	18697,6	18697,7	18698,4	18698
Jun	11145,5	11145,2	11144,6	11144,2	11144,3	11143,4
Jul	9643,83	9732,9	9753,09	9753,53	9752,72	9753,02
Ago	18466,9	18467,9	18468,5	18552,5	18553,1	18554,1
Sep	18780,3	18779,6	18780,9	18779,3	18783,4	18783,4
Oct	23221,1	23220,3	23218,2	23214,1	23212,1	23215,9
Nov	29176,6	29178,6	29180,6	29182,6	29184,6	29186,3
Dic	32579,7	32581,6	32577,1	32579,1	32581	32583
	SAL SOLAR	-30% $\mu$	-35% $\mu$	-40% $\mu$	-45% $\mu$	-50% $\mu$
Ene	27674,4	27682,3	27686,1	27681,9	27680,8	27680,3
Feb	26914,6	26823,7	26825,6	26831,7	26828,7	26690,6
Mar	25634,7	26196,3	26197,6	26284	26281,9	26283
Abr	16658,4	16744,4	16695,8	16701,4	16701,3	16700,7
May	18697,4	18698,2	18698	18792,6	18787,2	18782,2
Jun	11145,5	11143,3	11142,6	11145,3	11145,4	11143,5
Jul	9643,83	9751,69	9751,77	9758,04	9756,3	9756,75
Ago	18466,9	18554,9	18417,4	18561	18560,2	18559,6
Sep	18780,3	18783,7	18784,2	18702,8	18702,4	18703,4
Oct	23221,1	23218,2	23224,2	23234	23234,1	23228,1
Nov	29176,6	29188,1	29190	29200,7	29198,4	29195,9
Dic	32579,7	32584,6	32580,7	32588,1	32584,3	32581,8

Tabla 55. Resultados, Energía térmica mensual  $\cdot 10^3$  kWh al bloque de potencia, variaciones negativas de  $\mu$ .

	SAL SOLAR	+5% $\mu$	+10% $\mu$	+15% $\mu$	+20% $\mu$	+25% $\mu$
Ene	27674,4	27675,3	27677,4	27677,3	27401,9	27484,7
Feb	26914,6	26914,5	26913,8	26914,7	26914,7	26915,3
Mar	25634,7	25552,8	25551,6	25551,3	25551	25548,4
Abr	16658,4	16797,2	16797,7	16798,8	16799,4	16827,5
May	18697,4	18697,3	18697,3	18697,2	18697,2	18695,7
Jun	11145,5	11145,1	11145,4	11145,7	11144,6	11145,4
Jul	9643,83	9642,87	9658,59	9640,74	9656,77	9588,98
Ago	18466,9	18465,6	18465,1	18464	18463,2	18462,5
Sep	18780,3	18777,9	18775,3	18780,7	18777,3	18776,1
Oct	23221,1	23222,9	23082,5	23085,3	23081,6	23081,1
Nov	29176,6	29174,7	29172,8	29171	29169,1	29167,3
Dic	32579,7	32452,7	32451	32574,2	32572,4	32445,7
	SAL SOLAR	+30% $\mu$	+35% $\mu$	+40% $\mu$	+45% $\mu$	+50% $\mu$
Ene	27674,4	27758,8	27760,1	27759,9	27485,9	27569,7
Feb	26914,6	26911,2	26907,4	26907,3	26910,2	26910,4
Mar	25634,7	25549,4	25546,9	25545,7	25545,2	25544,1
Abr	16658,4	16827,4	16935,2	16950,4	16951,7	16961,3
May	18697,4	18704,5	18703,5	18701,8	18702	18589,6
Jun	11145,5	11144,3	11144,8	11144,4	11143,5	11142
Jul	9643,83	9588,42	9591,43	9588,46	9592,53	9581,64
Ago	18466,9	18461,9	18461,6	18459,8	18458,9	18458,7
Sep	18780,3	18639,6	18635,5	18638,4	18734,6	18734
Oct	23221,1	23170,8	23167,6	23171,4	23170,6	23169,1
Nov	29176,6	29165,4	29163,5	29161,7	29074	29072,3
Dic	32579,7	32444,1	32442,3	32446,7	32444,6	32304,5

Tabla 56. Resultados, Energía térmica mensual  $\cdot 10^3$  kWh al bloque de potencia, variaciones positivas de  $\mu$ .



Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (-10 <sup>6</sup> \$)
Sal Solar -50% Cp	2,0	2547,67	7,470870
Sal Solar -45% Cp	2,0	2316,06	7,470870
Sal Solar -40% Cp	2,0	2123,06	7,470870
Sal Solar -35% Cp	2,0	1959,75	7,470870
Sal Solar -30% Cp	2,0	1819,76	7,470870
Sal Solar -25% Cp	2,0	1698,45	7,470870
Sal Solar -20% Cp	2,0	1592,29	7,470870
Sal Solar -15% Cp	2,0	1498,63	7,470870
Sal Solar -10% Cp	2,0	1415,37	7,470870
Sal Solar -5% Cp	2,0	1340,88	7,470870
Sal Solar	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +5% Cp	2,0	1213,18	7,470870
Sal Solar +10% Cp	2,0	1158,03	7,470870
Sal Solar +15% Cp	2,0	1107,68	7,470870
Sal Solar +20% Cp	2,0	1061,53	7,470870
Sal Solar +25% Cp	2,0	1019,07	7,470870
Sal Solar +30% Cp	2,0	979,873	7,470870
Sal Solar +35% Cp	2,0	943,581	7,470870
Sal Solar +40% Cp	2,0	909,882	7,470870
Sal Solar +45% Cp	2,0	878,507	7,470870
Sal Solar +50% Cp	2,0	849,223	7,470870

Tabla 57. Resultados. Costes de almacenamiento variaciones de Cp.

Tipo Sal	Horas Almacenamiento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage ( $\cdot 10^6$ \$)	$\Delta$ Storage (%)
Sal Solar -50% Cp	1,0	1273,83	3,735440	-50,00%
Sal Solar -45% Cp	1,1	1273,83	4,108980	-45,00%
Sal Solar -40% Cp	1,2	1273,83	4,482520	-40,00%
Sal Solar -35% Cp	1,3	1273,83	4,856070	-35,00%
Sal Solar -30% Cp	1,4	1273,83	5,229610	-30,00%
Sal Solar -25% Cp	1,5	1273,83	5,603160	-25,00%
Sal Solar -20% Cp	1,6	1273,83	5,976700	-20,00%
Sal Solar -15% Cp	1,7	1273,83	6,350240	-15,00%
Sal Solar -10% Cp	1,8	1273,83	6,723790	-10,00%
Sal Solar -5% Cp	1,9	1273,83	7,097330	-5,00%
Sal Solar	2,0	1273,83	7,470870	
Sal Solar +5% Cp	2,1	1273,83	7,844420	5,00%
Sal Solar +10% Cp	2,2	1273,83	8,217960	10,00%
Sal Solar +15% Cp	2,3	1273,83	8,591500	15,00%
Sal Solar +20% Cp	2,4	1273,83	8,965050	20,00%
Sal Solar +25% Cp	2,5	1273,83	9,338590	25,00%
Sal Solar +30% Cp	2,6	1273,83	9,712140	30,00%
Sal Solar +35% Cp	2,7	1273,83	10,08500	34,99%
Sal Solar +40% Cp	2,8	1273,83	10,45920	40,00%
Sal Solar +45% Cp	2,9	1273,83	10,83280	45,00%
Sal Solar +50% Cp	3,0	1273,83	11,20630	50,00%

Tabla 58. Resultados. Coste del almacenamiento térmico variaciones de t.

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (-10 <sup>6</sup> \$)
Sal Solar -50% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -45% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -40% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -35% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -30% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -25% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -20% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -15% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -10% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -5% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +5% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +10% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +15% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +20% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +25% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +30% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +35% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +40% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +45% k	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +50% k	2,0	1273,83	7,470870

Tabla 59. Resultados. Costes de almacenamiento variaciones de k.

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (-10 <sup>6</sup> \$)
Sal Solar -50% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -45% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -40% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -35% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -30% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -25% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -20% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -15% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -10% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar -5% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +5% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +10% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +15% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +20% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +25% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +30% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +35% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +40% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +45% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870
Sal Solar +50% $\mu$	2,0	1273,83	7,470870

Tabla 60. Resultados. Costes de almacenamiento variaciones de  $\mu$

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (\$/W)
Sal Solar -50% Cp	2,0	2547,67	0,1506530
Sal Solar -45% Cp	2,0	2316,06	0,1506530
Sal Solar -40% Cp	2,0	2123,06	0,1506530
Sal Solar -35% Cp	2,0	1959,75	0,1506530
Sal Solar -30% Cp	2,0	1819,76	0,1506530
Sal Solar -25% Cp	2,0	1698,45	0,1506530
Sal Solar -20% Cp	2,0	1592,29	0,1506530
Sal Solar -15% Cp	2,0	1498,63	0,1506530
Sal Solar -10% Cp	2,0	1415,37	0,1506530
Sal Solar -5% Cp	2,0	1340,88	0,1506530
Sal Solar	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +5% Cp	2,0	1213,18	0,1506530
Sal Solar +10% Cp	2,0	1158,03	0,1506530
Sal Solar +15% Cp	2,0	1107,68	0,1506530
Sal Solar +20% Cp	2,0	1061,53	0,1506530
Sal Solar +25% Cp	2,0	1019,07	0,1506530
Sal Solar +30% Cp	2,0	979,873	0,1506530
Sal Solar +35% Cp	2,0	943,581	0,1506530
Sal Solar +40% Cp	2,0	909,882	0,1506530
Sal Solar +45% Cp	2,0	878,507	0,1506530
Sal Solar +50% Cp	2,0	849,223	0,1506530

Tabla 61. Resultados, almacenamiento (\$/W), variaciones de Cp.

Tipo Sal	Horas Almacenamiento	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (\$/W)	ΔStorage (%)
Sal Solar -50% Cp	1,0	1273,83	0,0753264	-49,47%
Sal Solar -45% Cp	1,1	1273,83	0,0828591	-44,42%
Sal Solar -40% Cp	1,2	1273,83	0,0903917	-39,37%
Sal Solar -35% Cp	1,3	1273,83	0,0979243	-34,31%
Sal Solar -30% Cp	1,4	1273,83	0,1054570	-29,26%
Sal Solar -25% Cp	1,5	1273,83	0,1129900	-24,21%
Sal Solar -20% Cp	1,6	1273,83	0,1205220	-19,16%
Sal Solar -15% Cp	1,7	1273,83	0,1280550	-14,10%
Sal Solar -10% Cp	1,8	1273,83	0,1355880	-9,05%
Sal Solar -5% Cp	1,9	1273,83	0,1431200	-3,85%
Sal Solar	2,0	1273,83	0,1506530	
Sal Solar +5% Cp	2,1	1273,83	0,1581850	6,11%
Sal Solar +10% Cp	2,2	1273,83	0,1657180	11,16%
Sal Solar +15% Cp	2,3	1273,83	0,1732510	16,21%
Sal Solar +20% Cp	2,4	1273,83	0,1807830	21,27%
Sal Solar +25% Cp	2,5	1273,83	0,1883160	26,32%
Sal Solar +30% Cp	2,6	1273,83	0,1958490	31,37%
Sal Solar +35% Cp	2,7	1273,83	0,2033810	36,43%
Sal Solar +40% Cp	2,8	1273,83	0,2109140	41,48%
Sal Solar +45% Cp	2,9	1273,83	0,2184470	46,53%
Sal Solar +50% Cp	3,0	1273,83	0,2259790	51,58%

Tabla 62. Resultados. Variaciones del coste de almacenamiento (\$/W) en función de t.

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (\$/W)
Sal Solar -50% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -45% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -40% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -35% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -30% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -25% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -20% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -15% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -10% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar -5% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +5% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +10% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +15% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +20% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +25% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +30% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +35% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +40% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +45% k	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +50% k	2,0	1273,83	0,1506530

**Tabla 63. Resultados, almacenamiento (\$/W), variaciones de k**

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (\$/W)
Sal Solar -50% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -45% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -40% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -35% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -30% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -25% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -20% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -15% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -10% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar -5% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar	2,0	1273,83	0,1506530
Sal Solar +5% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +10% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +15% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +20% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +25% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +30% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +35% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +40% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +45% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653
Sal Solar +50% $\mu$	2,0	1273,83	0,150653

Tabla 64. Resultados, almacenamiento (\$/W), variaciones de  $\mu$ .



Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (cents/kWh nom)
Sal Solar -50% Cp	2,0	2547,67	0,5228160
Sal Solar -45% Cp	2,0	2316,06	0,5173770
Sal Solar -40% Cp	2,0	2123,06	0,5137360
Sal Solar -35% Cp	2,0	1959,75	0,5111880
Sal Solar -30% Cp	2,0	1819,76	0,5081070
Sal Solar -25% Cp	2,0	1698,45	0,5064350
Sal Solar -20% Cp	2,0	1592,29	0,5044250
Sal Solar -15% Cp	2,0	1498,63	0,5032550
Sal Solar -10% Cp	2,0	1415,37	0,5020770
Sal Solar -5% Cp	2,0	1340,88	0,5013730
Sal Solar	2,0	1273,83	0,5001690
Sal Solar +5% Cp	2,0	1213,18	0,4998650
Sal Solar +10% Cp	2,0	1158,03	0,4994180
Sal Solar +15% Cp	2,0	1107,68	0,4986600
Sal Solar +20% Cp	2,0	1061,53	0,4989770
Sal Solar +25% Cp	2,0	1019,07	0,4984530
Sal Solar +30% Cp	2,0	979,873	0,4974250
Sal Solar +35% Cp	2,0	943,581	0,4968410
Sal Solar +40% Cp	2,0	909,882	0,4964580
Sal Solar +45% Cp	2,0	878,507	0,4960900
Sal Solar +50% Cp	<b>2,0</b>	<b>849,223</b>	<b>0,4959160</b>

Tabla 65. Resultados, almacenamiento (cent/kWh nominal), variaciones de Cp.

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (cents/kWh nom)	ΔStorage (%)
Sal Solar -50% Cp	1,0	1273,83	0,2889080	-42,24%
Sal Solar -45% Cp	1,1	1273,83	0,3112950	-37,76%
Sal Solar -40% Cp	1,2	1273,83	0,3349830	-33,03%
Sal Solar -35% Cp	1,3	1273,83	0,3591990	-28,18%
Sal Solar -30% Cp	1,4	1273,83	0,3799650	-24,03%
Sal Solar -25% Cp	1,5	1273,83	0,4006460	-19,90%
Sal Solar -20% Cp	1,6	1273,83	0,4207980	-15,87%
Sal Solar -15% Cp	1,7	1273,83	0,4411320	-11,80%
Sal Solar -10% Cp	1,8	1273,83	0,4608060	-7,87%
Sal Solar -5% Cp	1,9	1273,83	0,4808230	-3,87%
Sal Solar	2,0	1273,83	0,5001690	
Sal Solar +5% Cp	2,1	1273,83	0,5202060	4,01%
Sal Solar +10% Cp	2,2	1273,83	0,5399080	7,95%
Sal Solar +15% Cp	2,3	1273,83	0,5605600	12,07%
Sal Solar +20% Cp	2,4	1273,83	0,5829960	16,56%
Sal Solar +25% Cp	2,5	1273,83	0,6000080	19,96%
Sal Solar +30% Cp	2,6	1273,83	0,6171270	23,38%
Sal Solar +35% Cp	2,7	1273,83	0,6349860	26,95%
Sal Solar +40% Cp	2,8	1273,83	0,6524240	30,44%
Sal Solar +45% Cp	2,9	1273,83	0,6694890	33,85%
Sal Solar +50% Cp	3,0	1273,83	0,6869250	37,34%

Tabla 66. Resultados. Variaciones del coste de almacenamiento (cents/kWh nominal), en función de t.

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (cents/kWh nom)
Sal Solar -50% k	2,0	1273,83	0,50206200
Sal Solar -45% k	2,0	1273,83	0,50214700
Sal Solar -40% k	2,0	1273,83	0,50227900
Sal Solar -35% k	2,0	1273,83	0,50136800
Sal Solar -30% k	2,0	1273,83	0,50122600
Sal Solar -25% k	2,0	1273,83	0,50152100
Sal Solar -20% k	2,0	1273,83	0,50101500
Sal Solar -15% k	2,0	1273,83	0,50107300
Sal Solar -10% k	2,0	1273,83	0,50112700
Sal Solar -5% k	2,0	1273,83	0,50088100
Sal Solar	2,0	1273,83	0,5001690
Sal Solar +5% k	2,0	1273,83	0,49992200
Sal Solar +10% k	2,0	1273,83	0,50047400
Sal Solar +15% k	2,0	1273,83	0,50041200
Sal Solar +20% k	2,0	1273,83	0,50011100
Sal Solar +25% k	2,0	1273,83	0,50004400
Sal Solar +30% k	2,0	1273,83	0,50007500
Sal Solar +35% k	2,0	1273,83	0,49971600
Sal Solar +40% k	<b>2,0</b>	<b>1273,83</b>	<b>0,49967600</b>
Sal Solar +45% k	2,0	1273,83	0,49988300
Sal Solar +50% k	2,0	1273,83	0,50013800

Tabla 67. Resultados, almacenamiento (cent/kWh nominal), variaciones de k.

Tipo Sal	t Almacenamiento (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Storage (cents/kWh nom)
Sal Solar -50% $\mu$	2,0	1273,83	0,4993170
Sal Solar -45% $\mu$	2,0	1273,83	0,4988830
Sal Solar -40% $\mu$	<b>2,0</b>	<b>1273,83</b>	<b>0,4987830</b>
Sal Solar -35% $\mu$	2,0	1273,83	0,5002350
Sal Solar -30% $\mu$	2,0	1273,83	0,4996530
Sal Solar -25% $\mu$	2,0	1273,83	0,5000530
Sal Solar -20% $\mu$	2,0	1273,83	0,4997310
Sal Solar -15% $\mu$	2,0	1273,83	0,5000040
Sal Solar -10% $\mu$	2,0	1273,83	0,5000640
Sal Solar -5% $\mu$	2,0	1273,83	0,5003570
Sal Solar	2,0	1273,83	0,4998450
Sal Solar +5% $\mu$	2,0	1273,83	0,5007030
Sal Solar +10% $\mu$	2,0	1273,83	0,5009920
Sal Solar +15% $\mu$	2,0	1273,83	0,5009110
Sal Solar +20% $\mu$	2,0	1273,83	0,5018270
Sal Solar +25% $\mu$	2,0	1273,83	0,5018560
Sal Solar +30% $\mu$	2,0	1273,83	0,5013190
Sal Solar +35% $\mu$	2,0	1273,83	0,5011890
Sal Solar +40% $\mu$	2,0	1273,83	0,5012160
Sal Solar +45% $\mu$	2,0	1273,83	0,5012490
Sal Solar +50% $\mu$	2,0	1273,83	0,5014390

Tabla 68. Resultados, almacenamiento (cent/kWh nominal), variaciones de  $\mu$

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## 10.REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [www.aemet.es](http://www.aemet.es).
2. <http://www.protermosolar.com>.
3. . R. Sioshansi and P. Denholm, B. The value of concentrating solar power and thermal energy storage,[ IEEE Trans. Sustainable Energy, vol. 1, no. 3, pp. 173–183,Oct. 2010.
4. . Antoni Gil, Marc Medrano y otros. State of the art on high temperaturathermal energy storage for power generation. Part 1. Concepts, materials and modellization. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010. 14. 31-55.
5. . M. Medrano, A. Gil, I. Martorell, X. Potau, and L. F. Cabeza, B. State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 2. Case studies,[ Rnew. Sustain. Energy Rev., vol. 14, pp. 56–72, 2010.
6. . L. F. Cabeza, A. Castell, C. Barreneche, A. de Gracia, and A. I. Fernandez, BMaterials used as PCM in thermal energy storage in buildings: A review,[ Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 15, pp. 1675–1695, 2011.
7. . M. M. Kenisarin, BHigh-temperature phase change materials for thermal energy storage,[ Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 12, pp. 955–970, 2010.
8. . T. Nomura, N. Okinaka, and T. Akiyama, B. Technology of latent heat storage for high temperature application: A review,[ ISIJ Int., vol. 50, pp. 1229–1239, 2010.
9. . Barlev, D., R. Vidu, and P. Stroeve, Innovation in concentrated solar power. Solar Energy Materials and Solar Cells. 1995.
10. . Skumanich, A., CSP: Developments in heat transfer and storage materials. Renewable Energy Focus.
11. . Taggart, S., CSP: dish projects inch forward. Renewable Energy Focus. 2008.
12. . Wu, S.-Y., et al., A parabolic dish/AMTEC solar thermal power system and its performance evaluation. Applied Energy.
13. . Wu, S.-Y., et al., Convection heat loss from cavity receiver in parabolic dish solar thermal power system: A review. Solar Energy.
14. . Jesús M. Lata, M.R., Mónica Álvarez de Lara, High flux central receivers of molten salts for the new generation of commercial standalone solar power plants. SOLARPACES Conference. 2006.
15. . Segal, A. and M. Epstein, Comparative performances of `tower-top' and `tower- reflector' central solar receivers. Solar Energy. 1999.

16. . Vila, A.L., Volumetric receivers in Solar Thermal Power Plants with Central Receiver System technology: A review. *Solar Energy*. 85(5).
17. . Kolb, G.J., Economic evaluation of solar-only and hybrid power towers using molten-salt technology. *Solar Energy*. 62(1): p. 51-61. 1998.
18. . Goods, S.H. and R.W. Bradshaw, Constant extension rate testing of IN625LCF in molten nitrate salt. *Corrosion Science*. 41(6): p. 1119-1137. 1999.
19. . Goods, S.H., Crack tip oxidation of a superalloy in molten nitrate salt. *Scripta Metallurgica*. 17(4): p. 533-536. 1983.
20. . Lu, J., J. Ding, and J. Yang, Solidification and melting behaviors and characteristics of molten salt in cold filling pipe. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 53(10): p. 1628-1635.
21. . Taggart, S., Parabolic troughs: CSP's quiet achiever. *Renewable Energy Focus*. 9(2): p. 46-50. 2008.
22. . Fernández-García, A., et al., Parabolic-trough solar collectors and their applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14(7): p. 1695-1721.
23. . Rolim, M.M., N. Fraidenraich, and C. Tiba, Analytic modeling of a solar power plant with parabolic linear collectors. *Solar Energy*. 83(1): p. 126-133. 2009.
24. . Piemonte, V., et al., Life Cycle Assessment of a high temperature molten salt concentrated solar power plant. *Solar Energy*. 85(5): p. 1101-1108.
25. . Rovira, A., et al., Energy management in solar thermal power plants with double thermal storage system and subdivided solar field. *Applied Energy*. 88(11): p. 4055-4066.
26. . Ferri, R., A. Cammi, and D. Mazzei, Molten salt mixture properties in RELAP5 code for thermodynamic solar applications. *International Journal of Thermal Sciences*. 47(12): p. 1676-1687. 2008.
27. . Montes, M.J., et al., Solar multiple optimization for a solar-only thermal power plant, using oil as heat transfer fluid in the parabolic trough collectors. *Solar Energy*. 83(12): p. 2165-2176. 2009.
28. . Yang, Z. and S.V. Garimella, Thermal analysis of solar thermal energy storage in a molten-salt thermocline. *Solar Energy*. 84(6): p. 974-985.
29. . Yang, M., et al., Heat transfer enhancement and performance of the molten salt receiver of a solar power tower. *Applied Energy*. 87(9): p. 2808-2811.
30. . Rojas, M.E., M.C. de Andrés, and L. González, Designing capillary systems to enhance heat transfer in LS3 parabolic trough collectors for direct steam generation (DSG). *Solar Energy*. 82(1): p. 53-60. 2008.



31. . Kearney D, Kelly B, Herrmann U, et al. Engineering aspects of a molten salt heat transfer fluid in a trough solar field. *Energy* 2004; 29: 861–70.
32. . [www.archimedesolar.it](http://www.archimedesolar.it).
33. . Grena, R. and P. Tarquini, Solar linear Fresnel collector using molten nitrates as heat transfer fluid. *Energy*. 36(2): p. 1048-1056.
34. . Pablo Dolado Bielsa. Almacenamiento térmico de energía mediante cambio de fase. Diseño y modelización de equipos de almacenamiento para intercambio de calor con aire. Universidad de Zaragoza. 2011.
35. . Hasnain SM. Review on sustainable thermal energy storage technologies, part I: heat storage materials and techniques. *Energy Convers Manage* 1998; 1127–1138.
36. . Belén Zalba, José MaMarín, Luisa F. Cabeza, Harald Mehling. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. *Applied Thermal Engineering*. 2003. 23. 251-283.
37. . Norberto Cabrera Delgado. Sistemas de almacenamiento de energía térmica por calor de transformación. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 1983.
38. . Reilly HE, Kolb WJ. Evaluation of molten salt power tower technology based on the experience of solar two. SANDIA report SAND2001-3674; 2001.
39. . Pilkington Solar International, GmbH. Survey of thermal storage for parabolic trough power plants. National Renewable Energy Laboratory; 2000 [SR-550- 27925].
40. . Herrmann U, Geyer M, Kearney D. Overview on thermal storage systems. Workshop on Thermal Storage for Trough Power Plants. FLABEG Solar International GmbH; 2006.
41. . Kearney D, Kelly B, Cable R, et al. Evaluation of a molten salt heat transfer fluid in a parabolic trough solar field. *Int Sol Energ Conf* 2002; 293–9.
42. . Herrmann U, Kelly B, Price H. Two-tank molten salt storage for parabolic trough solar power plants. *Energy* 2004; 29: 883–93.
43. . Luisa F. Cabeza, Cristian Solé, Albert Castell, Eduard Oró y Antoni Gil. Review of Solar Thermal Storage. Techniques and associated heat transfer technologies. Proceedings of the IEEE. Volumen 100, Número 2. 525/538. 2012.
44. . Planta Solar de Almeria. Informe anual 2006; 2007.
45. . Kearney D, Kelly B, Price H. Thermal storage commercial plant design study for a two-tank indirect molten salt system. National Renewable Energy Laboratory; 2006 [NREL/SR-550-40166].
46. . Brosseau D, Kelton JW, Ray D, Edgar M, Chisman K, Emms B. Testing of thermocline filler materials and molten-salt heat transfer fluids for thermal energy storage systems in parabolic trough power plants. *J Solar Energy Eng- Trans ASME* 2005; 127: 109–16.

47. . Wagner M, 2008. Simulation and Predictive Performance Modeling of Utility-Scale Central Receiver System Power Plants. Master of Science Thesis. University of Wisconsin-Madison.
48. . Kistler B, 1986. A User's Manual for DELSOL3: A Computer Code for Calculating the Optical Performance and Optimal System Design for Solar Thermal Central Receiver Plants.
49. . Kearney D, Herrmann U, Nava P, et al. Assessment of a molten salt heat transfer fluid in a parabolic trough solar field. *J Solar Energy Eng-Trans ASME* 2003;125:170–6. .
50. . Sena-Henderson L. Advantages of using molten salts, national solar thermal test facilities. SANDIA Laboratories internal report; 2006. .
51. . Foster M. Theoretical investigation of the system SnOx/Sn for the thermo- chemical storage of solar energy. In: *Proceedings of the 11th SolarPACES. International Symposium on Concentrated Solar Power and Chemical Energy Technologies*; 2002. .