

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de la Energía

Análisis del Funcionamiento de una Instalación de  
Refrigeración Mediante Energía Solar Fotovoltaica

Autora: Ana Tarifa Cabrera

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

**Dpto. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de la Energía

# **Análisis del Funcionamiento de una Instalación de Refrigeración Mediante Energía Solar Fotovoltaica**

Autora:

Ana Tarifa Cabrera

Tutor:

Isidoro Lillo Bravo

Profesor contratado doctor

Dpto. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Grado: Análisis del Funcionamiento de una Instalación de Refrigeración Mediante Energía Solar Fotovoltaica

Autora: Ana Tarifa Cabrera

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

*A todas las personas que han  
formado parte de mi vida en estos  
cuatro años*



# Agradecimientos

---

Este proyecto no existiría, ni yo habría podido superar los años de carrera, sin todas las personas que de una manera u otra me han apoyado, parte de las cuales aparecieron en mi vida gracias a este grado. Mi familia, que desde siempre creyó en mí y sigue haciéndolo. Mis compañeros; sin ellos no sólo los años de carrera habrían sido mucho más duros, sino que tanto los años de estudio como la realización de esta memoria han sido posibles en gran parte gracias a su ayuda, compañerismo y consejos. Y a mi tutor, Isidoro Lillo, que tan pacientemente ha respondido a todas mis dudas.

*Ana Tarifa Cabrera*

*Sevilla, 2018*



# Resumen

---

En este trabajo se hace un estudio del comportamiento de una instalación de producción de frío cuyo compresor es accionado por la energía eléctrica procedente de un campo solar fotovoltaico.

Se considerarán unas condiciones de funcionamiento determinadas, y para un área y una demanda de frío fijas, se varían las temperaturas de evaporación y condensación para analizar el comportamiento en los distintos tipos de climas y para tres aplicaciones (refrigeración, producción de frío y congelación).

En primer lugar se realiza un estudio y modelado matemático del ciclo simple de refrigeración, que después se modifica añadiendo un depósito de refrigerante entre los equipos. Esta nueva instalación se modela también para los distintos modos de funcionamiento que puede experimentar según la demanda definida. Se analizan consecuentemente los volúmenes que se requieren para el depósito añadido en los diferentes casos de aplicación y de condiciones ambiente, y la capacidad de la instalación de abastecer la demanda. Esto permitirá conocer la viabilidad técnica y la tendencia de comportamiento del sistema propuesto.

# Índice

---

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Índice	xii
Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xvi
Notación	xviii
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>21</b>
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>23</b>
<b>3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>25</b>
3.1 <i>Introducción</i>	25
3.2 <i>Refrigeración con energía solar fotovoltaica</i>	25
<b>4 ESTUDIO TEÓRICO</b>	<b>27</b>
4.1 <i>Caso base</i>	27
4.1.1 Descripción	27
4.1.2 Modelo matemático	28
4.2 <i>Ciclo con almacenamiento</i>	29
4.2.1 Descripción	29
4.2.2 Modos de funcionamiento	30
4.2.3 Modelo matemático	33
4.2.4 Campo solar	37
4.2.5 Volumen del depósito	38
4.2.6 Demostración Principios de la Termodinámica	38
<b>5 CASOS DE ESTUDIO Y RESULTADOS</b>	<b>41</b>
5.1 <i>Datos climáticos</i>	41
5.2 <i>Días aislados</i>	42
5.2.1 Caso 1. Alta Irradiancia y $T_{\text{COND}} = 313$ K	42
5.2.2 Caso 2. Baja Irradiancia y $T_{\text{COND}} = 313$ K	46
5.2.3 Caso 3. Alta Irradiancia y $T_{\text{COND}} = 303$ K	49
5.2.4 Caso 4. Baja Irradiancia y $T_{\text{COND}} = 303$ K	52
5.2.5 Caso 5. Alta Irradiancia y $T_{\text{COND}} = 298$ K	55
5.2.6 Caso 6. Baja Irradiancia y $T_{\text{COND}} = 298$ K	58
5.2.7 Conclusiones	61
5.3 <i>Tres días seguidos</i>	63
5.3.1 $T_{\text{COND}} = 313$ K	64
5.3.2 $T_{\text{COND}} = 303$ K	67
5.3.3 $T_{\text{COND}} = 298$ K	70
5.3.4 Conclusiones	72

<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
	<b>Referencias</b>	<b>77</b>
	<b>ANEXO A</b>	<b>79</b>
6.1	<i>CÁLCULOS ALTA RADIACIÓN</i>	80
6.1.1	$T_{COND} = 313\text{ K}, T_{EVAP} = 283\text{ K}$	80
6.1.2	$T_{COND} = 313\text{ K}, T_{EVAP} = 263\text{ K}$	81
6.1.3	$T_{COND} = 313\text{ K}, T_{EVAP} = 250\text{ K}$	82
6.1.4	$T_{COND} = 303\text{ K}, T_{EVAP} = 283\text{ K}$	83
6.1.5	$T_{COND} = 303\text{ K}, T_{EVAP} = 263\text{ K}$	84
6.1.6	$T_{COND} = 303\text{ K}, T_{EVAP} = 250\text{ K}$	85
6.1.7	$T_{COND} = 298\text{ K}, T_{EVAP} = 283\text{ K}$	86
6.1.8	$T_{COND} = 298\text{ K}, T_{EVAP} = 263\text{ K}$	87
6.1.9	$T_{COND} = 298\text{ K}, T_{EVAP} = 250\text{ K}$	88
6.2	<i>CÁLCULOS BAJA RADIACIÓN</i>	89
6.2.1	$T_{COND} = 313\text{ K}, T_{EVAP} = 283\text{ K}$	89
6.2.2	$T_{COND} = 313\text{ K}, T_{EVAP} = 263\text{ K}$	90
6.2.3	$T_{COND} = 313\text{ K}, T_{EVAP} = 250\text{ K}$	91
6.2.4	$T_{COND} = 303\text{ K}, T_{EVAP} = 283\text{ K}$	92
6.2.5	$T_{COND} = 303\text{ K}, T_{EVAP} = 263\text{ K}$	93
6.2.6	$T_{COND} = 303\text{ K}, T_{EVAP} = 250\text{ K}$	94
6.2.7	$T_{COND} = 298\text{ K}, T_{EVAP} = 283\text{ K}$	95
6.2.8	$T_{COND} = 298\text{ K}, T_{EVAP} = 263\text{ K}$	96
6.2.9	$T_{COND} = 298\text{ K}, T_{EVAP} = 250\text{ K}$	97

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 4-1. Características del panel fotovoltaico seleccionado	37
Tabla 4-2. Tabla demostrativa de los principios de la Termodinámica	39
Tabla 5-1. Datos de radiación y de temperaturas ambiente	42
Tabla 5-2. Cumplimiento total de la demanda para alta radiación	62
Tabla 5-3. Cumplimiento total de la demanda para baja radiación	62
Tabla 5-4. Cumplimiento total de la demanda con título del vapor inicial de 0,95	73
Tabla 5-5. Cumplimiento total de la demanda con título del vapor inicial de 0,3	73



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1. Sistema analizado	23
Figura 4-1. Ciclo simple	27
Figura 4-2. Componentes del ciclo con depósito	29
Figura 4-3. Caso 1. Carga	30
Figura 4-4. Caso 2. Carga parcial	31
Figura 4-5. Caso 3. Descarga parcial	31
Figura 4-6. Caso 4. Ciclo simple	32
Figura 4-7. Caso 5. Descarga	32
Figura 4-8. Diagrama p-h caso 1	33
Figura 4-9. Diagrama p-h caso 2	34
Figura 4-10. Diagrama p-h caso 3	35
Figura 4-11. Diagrama p-h caso 4	36
Figura 4-12. Diagrama p-h caso 5	36
Figura 5-1. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	43
Figura 5-2. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$	44
Figura 5-3. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 250 \text{ K}$	45
Figura 5-4. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	46
Figura 5-5. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$	47
Figura 5-6. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 250 \text{ K}$	48
Figura 5-7. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	50
Figura 5-8. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$	51
Figura 5-9. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 250 \text{ K}$	52
Figura 5-10. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	53
Figura 5-11. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$	54
Figura 5-12. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 250 \text{ K}$	55
Figura 5-13. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	56
Figura 5-14. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$	57
Figura 5-15. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 250 \text{ K}$	58
Figura 5-16. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	59
Figura 5-17. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$	60
Figura 5-18. Parámetros de estudio para $T_{\text{cond}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{evap}} = 283 \text{ K}$	61
Figura 5-19. Radiación para el estudio de 3 días	63
Figura 5-20. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 283 \text{ K}$	64
Figura 5-21. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 263 \text{ K}$	65

Figura 5-22. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 313 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 250 \text{ K}$	66
Figura 5-23. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 283 \text{ K}$	67
Figura 5-24. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 263 \text{ K}$	68
Figura 5-25. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 303 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 250 \text{ K}$	69
Figura 5-26. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 283 \text{ K}$	70
Figura 5-27. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 263 \text{ K}$	71
Figura 5-28. Estado del depósito para $T_{\text{COND}} = 298 \text{ K}$ y $T_{\text{EVAP}} = 250 \text{ K}$	72

# Notación

---

$A$	Área del campo solar
$I_h$	Radiación media horaria
$m$	Masa
$m_{DEP}$	Masa en el depósito
$m_{REFRIG}$	Masa de refrigerante en el evaporador
$P_h$	Potencia horaria que llega al compresor gracias al campo solar
$T_a$	Temperatura ambiente
$T_{cell}$	Temperatura del panel fotovoltaico
$T_{COND}$	Temperatura de condensación
$T_{EVAP}$	Temperatura de evaporación
$V_{dep}$	Volumen del depósito
$x$	Título del vapor
$\eta_{acople}$	Rendimiento de acople con el sistema de acondicionamiento de potencia
$\eta_{PV}$	Rendimiento del campo solar





# 1 INTRODUCCIÓN

---

En los últimos años, la energía solar fotovoltaica se encuentra en auge. Esto es debido, por un lado, al notable abaratamiento que están experimentando los paneles, y por otro a una creciente tendencia hacia las energías renovables.

Si bien la energía solar fotovoltaica presenta numerosas ventajas, como puede ser el evidente hecho de que el recurso es inagotable, o el poco mantenimiento que estas instalaciones requieren, su mayor inconveniente es el cese del suministro cuando no hay radiación, o la diferencia que puede haber entre demanda y producción; en definitiva, el problema que plantean las energías renovables en su mayoría: su carácter aleatorio en mayor o menor medida.

Hasta ahora, esta diferencia entre producción y demanda se viene supliendo con el uso de baterías. Las baterías, no obstante, presentan otra serie de obstáculos a superar. Aparte del hecho de su alto precio, implican ineficiencias en los procesos y pérdidas de energía.

Es bien cierto que se están realizando numerosos estudios y avances en los diferentes tipos de baterías (Akinyele, Belikov, Levron, 2017), pero al mismo tiempo también se encuentran líneas de investigación en términos de almacenamiento mecánico y térmico que resultan bastante prometedoras. Por ejemplo, los materiales de cambio de fase son una de las tecnologías que más se está considerando.

En este estudio, se va a analizar el sistema de un ciclo de refrigeración cuyo compresor está alimentado por un campo solar fotovoltaico. Parece razonable el intento de asociar la energía solar a la producción de frío, pues generalmente el aumento de demanda de refrigeración se da cuando la radiación es mayor (especialmente en climatización). Para cubrir la demanda en momentos en que no haya producción de electricidad, se ha optado por un depósito de refrigerante (Lillo, Bobadilla, Moreno, Silva, 2018) conectado a la entrada y la salida del evaporador del circuito de compresión mecánica simple.

Esta configuración presenta ventajas con respecto a las baterías (Bobadilla, 2016) en determinados escenarios, según el coste de las baterías, perfiles de radiación, necesidades de espacio, etc. En este estudio se simulará el comportamiento de una instalación con un perfil definido de demanda para distintas condiciones climáticas y aplicaciones, de tal modo que se comprobará la viabilidad técnica de la misma y se analizarán los tamaños de depósitos resultantes con el fin de probar en qué casos el uso de esta configuración resulta de interés.



## 2 OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es conocer el comportamiento de una instalación de producción de frío cuyo compresor está alimentado por electricidad que proviene de un campo solar fotovoltaico en diferentes condiciones climáticas para un perfil de demanda determinado. En particular, el estudio se hará para tres ámbitos de la producción de frío: climatización (298 K), frío (263 K) y congelación (250 K).

El sistema bajo análisis es el siguiente.

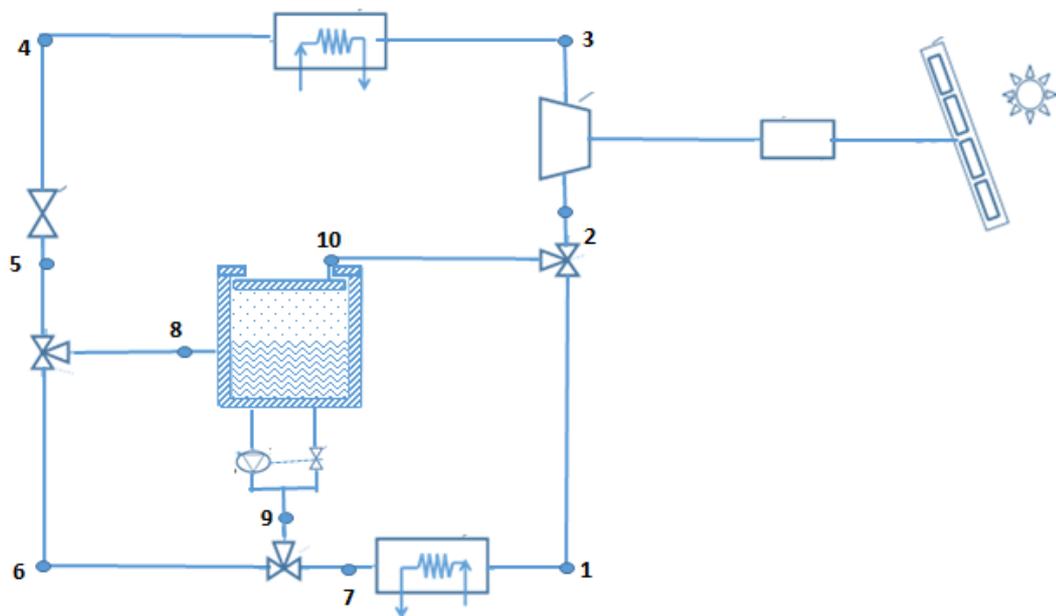


Figura 2-1. Sistema analizado

Como resultado quiere obtenerse un dimensionamiento del volumen del tanque bajo unas determinadas condiciones para suplir la demanda decidida, así como la caracterización de los distintos puntos de la instalación. Se hará especial énfasis en el volumen y en el título del vapor del tanque, que según la demanda variaría pero podría calcularse de nuevo con el mismo procedimiento.



# 3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

---

## 3.1 Introducción

A la hora de refrigerar, los métodos más utilizados en la actualidad son primordialmente compresión mecánica, y en mucha menor medida, los sistemas de absorción. El hecho de que la absorción se use considerablemente menos es debido a su menor eficiencia, que queda compensada cuando se tiene una fuente “gratis” de calor (calor residual, energía solar disponible, etc.).

Sin embargo, en los últimos años se está produciendo un desarrollo en el estudio y la puesta en práctica de la refrigeración mediante energía solar. No sólo las tecnologías están mejorando notablemente, sino que se está comprobando que tienen aún un gran potencial de mejora.

Por una parte están los sistemas que han sufrido mayor desarrollo, que son los alimentados con energía solar térmica: absorción, adsorción, desecante y sistema de compresión mecánica solar.

El método que principalmente se está utilizando para la refrigeración mediante energía solar es la absorción hibridada con energía solar térmica. Dicho sistema plantea el problema de que en principio no puede asumir la variabilidad que presenta la demanda de frío con respecto a la radiación solar. No obstante, Xu, Huang y Du (2011) proponen un sistema de almacenamiento avanzado con tecnología de transformación de energía con masa variable y almacenamiento (VMETS), lo cual permite solventar la cuestión de la diferencia entre demanda y radiación.

Con respecto a la fotovoltaica, su utilización es normalmente para aportar la energía necesaria al compresor. Su desarrollo ha permanecido más ralentizado que en el caso de la solar térmica debido al bajo rendimiento de los paneles fotovoltaicos y al elevado coste inicial de la instalación, si bien es cierto que en los últimos años se ha conseguido reducir en gran medida ese coste.

## 3.2 Refrigeración con energía solar fotovoltaica

El ámbito más estudiado hasta ahora en refrigeración mediante energía solar fotovoltaica es el que utiliza baterías para almacenar el excedente de energía durante horas de mucha radiación, y cubre la demanda por la noche gracias a las baterías (Akinyele, et al., 2017)

Por otra parte, se están realizando estudios que combinan, por ejemplo, el uso de batería con tanque de agua fría, lo cual permite disminuir el tamaño tanto de lo uno como de lo otro, encontrando un óptimo en el dimensionado de ambos cuando se combinan.

En cualquier caso, otras tecnologías que no requieran batería están siendo estudiadas.

### 3.2.1.1 Con almacenamiento de frío

Para sistemas con almacenamiento de frío, se están desarrollando diversas tecnologías.

-Almacenamiento de agua fría. (Sagara, Kondo y Sekimeto, 1990). La principal ventaja es que el agua es un fluido barato, abundante, y cuya tecnología está bien consolidada. No obstante, presenta el inconveniente de que con el agua fría sólo se aprovecha el calor sensible, con lo cual almacena menos energía por unidad de volumen. El tanque almacenará el agua de manera estratificada, lo cual tiene el problema de mantener dicha estratificación.

-Materiales de cambio de fase (PCM) (Alva, Liu, Huang y Fang, 2017). En este caso, la ventaja es precisamente que se aprovecha tanto calor latente como sensible, pero estos fluidos pueden ser inestables y degradarse con el uso. Sobre este tema se está investigando esencialmente en almacenamiento de hielo

precisamente por las ventajas ya mencionadas del uso de agua. Sin embargo, se plantean una serie de retos tecnológicos que sería necesario resolver.

-Tanque de refrigerante. Es la configuración propuesta por Portalés (2016), y la que se emplea en este estudio. Dicho sistema será descrito un poco más adelante.

### **3.2.1.2 Sin almacenamiento de frío**

En los sistemas que no realizan almacenamiento de frío, es necesario, o bien asumir que no se suplirá la demanda en horas en que la radiación sea insuficiente, o encontrar un método alternativo de obtención de energía. Las tecnologías que más se están usando en este ámbito son:

-Híbridos con otro método de generación. Pueden tomar la electricidad de la red (Fong, Chow, Lee, Lin y Chan, 2010), o también se está analizando la posibilidad de combinar el funcionamiento con pilas de combustible (Ozcan y Akyavuz, 2017)

-Bombas de calor. Otra posible configuración que lleva años en estudio y desarrollo (Alobaid, Hughes, Calautit, O'Connor, Heyes, 2017) emplear la energía solar fotovoltaica en ciclos con bombas de calor, lo que permitiría aplicarla tanto para producción de frío como para calefacción, si bien lo que se consigue no es cubrir siempre la demanda (no almacena) sino mejorar la eficiencia del ciclo y el comportamiento de los paneles.

# 4 ESTUDIO TEÓRICO

## 4.1 Caso base

### 4.1.1 Descripción

El sistema, si no tuviera el almacenamiento de refrigerante, será como un ciclo simple de compresión mecánica convencional. De hecho, cuando el depósito no esté aportando ni recibiendo refrigerante, el sistema estudiado se comportará idénticamente al ciclo simple.

El refrigerante escogido es amoníaco (R717), por diversos motivos. Por un lado, tiene buenas propiedades termodinámicas, lo cual propicia que la instalación tenga un alto EER, además de su bajo volumen específico en fase vapor comparado con otros refrigerantes, y su alto rango de temperaturas de operación (223K-288K). Por otro lado, es considerado un refrigerante seguro y con mínimo impacto medioambiental (Lillo et al. 2018)

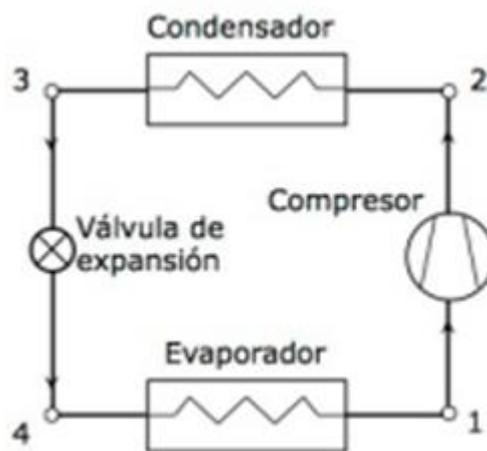


Figura 4-1. Ciclo simple

Los principales elementos del ciclo son cuatro: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

- Compresor: es la máquina que eleva la presión del fluido, aportándole también energía cinética. Para este tipo de usos funciona con carácter general con energía eléctrica.
- Condensador: es un intercambiador de calor en el que el refrigerante evacúa calor al ambiente tal que sale en estado de líquido saturado o subenfriado. Suelen utilizarse condensadores de aire por ser la solución más sencilla y barata, aunque sea la menos eficiente.
- Válvula de expansión: es un estrangulamiento en el circuito de refrigerante cuyo objetivo es mantener la diferencia de presiones entre el condensador y el evaporador, además de mantener la densidad constante a la entrada del compresor a pesar de las variaciones del flujo de calor de la carga. La válvula tiene asimismo un dispositivo de control asociado.
- Evaporador: en él, el refrigerante entra con una fracción másica de vapor muy pequeña, recibe el calor de la carga y sale totalmente seco o incluso ligeramente sobrecalentado para evitar que al compresor entre alguna gota de líquido, que podría dañarlo.

En el ciclo se encuentran cuatro tramos fundamentales:

- 1 → 2 El vapor sobrecalentado se comprime hasta llegar a la presión de condensación, con aporte de trabajo de una fuente externa al compresor
- 2 → 3 El refrigerante condensa, cediendo calor al foco caliente
- 3 → 4 Se produce una expansión isoentálpica al pasar por la válvula
- 4 → 1 El refrigerante se evapora, absorbiendo calor del foco frío

#### 4.1.2 Modelo matemático

La obtención de los parámetros necesarios para este estudio se realizará mediante el software Energy Equation Solver (EES), que es una herramienta matemática capaz de resolver ecuaciones de manera simultánea, además de estar enfocada a la Termodinámica pues cuenta por ejemplo con funciones integradas para el cálculo de propiedades de una gran variedad de fluidos, entre los cuales se encuentra el refrigerante R-717.

Los parámetros de los que consta este ciclo son los siguientes:

- $Q_{\text{FRIG}}$ : Potencia frigorífica que se requiere en el evaporador
- $W_{\text{COMP}}$ : Trabajo realizado por el compresor
- $Q_{\text{COND}}$ : Calor cedido por el condensador

Las condiciones que se imponen serán:

- Rendimiento isentrópico del compresor: 70 %
- Título del vapor en el punto 1: 1

Las variables cuyo valor se quiere obtener son:

- Potencia frigorífica
- Caudal de refrigerante

Para realizar el modelo matemático, es necesario conocer primero las propiedades del refrigerante en determinados puntos del ciclo.

##### *Entalpías*

- $h_1$ : obtenida a partir de la temperatura de evaporación y  $x_1$
- $h_2$ : obtenida a partir de  $h_{2s}$  y el rendimiento isentrópico del compresor
- $h_{2s}$ : obtenida a partir de la entropía en 1 y la presión de condensación
- $h_3$ : obtenida a partir de la temperatura de condensación y  $x_3=0$
- $h_4 = h_3$  porque la válvula se considera isoentálpica

##### *Balances en los equipos*

- $Q_{\text{FRIG}} = m_{\text{REFRIG}} \cdot (h_1 - h_4)$

- $W_{COMP} = m_{REFRIG} * (h_2 - h_1)$
- $Q_{COND} = m_{REFRIG} * (h_2 - h_3)$

## 4.2 Ciclo con almacenamiento

### 4.2.1 Descripción

El sistema que se va a analizar a lo largo de este proyecto es una modificación del ciclo simple de compresión en que se utiliza un depósito de refrigerante dentro del propio ciclo. Esto permitirá usar la electricidad en exceso de la fotovoltaica para almacenar refrigerante, que comprimirá, condensará y guardará en el depósito para suplir la demanda frigorífica cuando la fotovoltaica no sea suficiente. La configuración elegida es consecuencia de un estudio ya realizado previamente (Portalés, 2016) y es la siguiente:

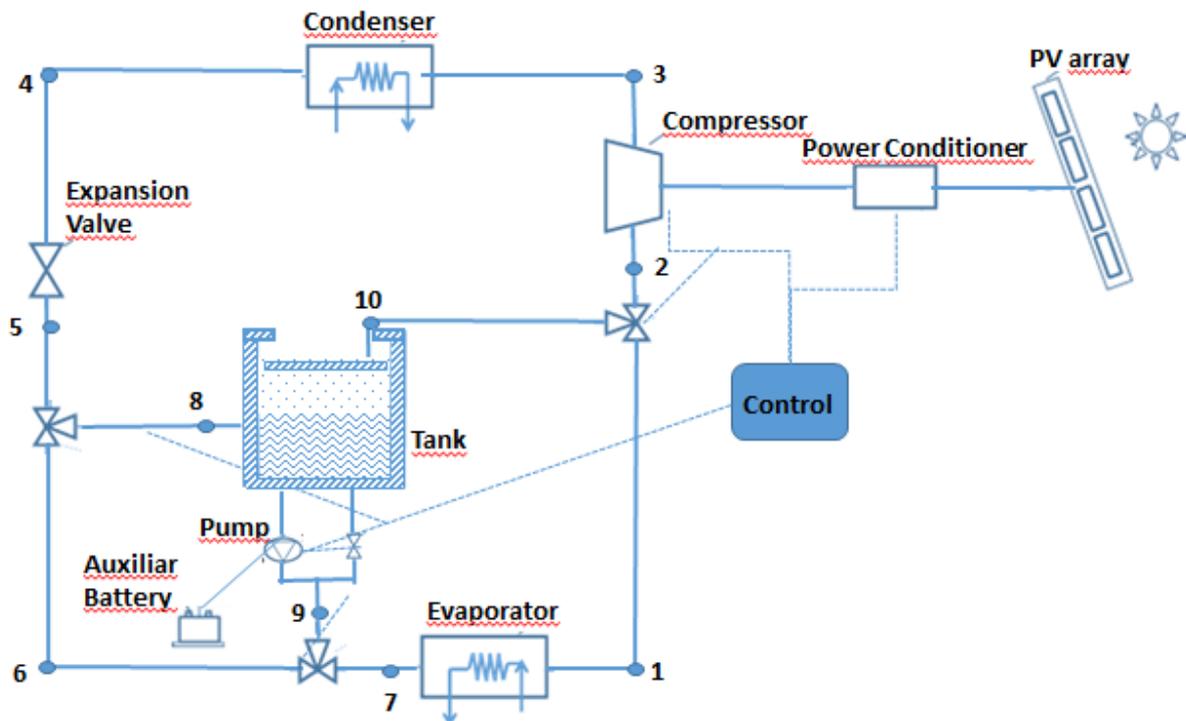


Figura 4-2. Componentes del ciclo con depósito

Esta instalación consta de un campo fotovoltaico conectado al compresor a través de un sistema de acondicionamiento de potencia. Además, cuenta con los mismos elementos que el ciclo simple, añadiéndole un depósito presurizado y aislado térmicamente.

El depósito de refrigerante se encuentra a la entrada del evaporador en lugar de a la salida para evitar que su tamaño aumente demasiado debido al volumen que ocupa el refrigerante en estado gaseoso. Dicho depósito se encuentra a presión constante, lo cual es posible gracias a un pistón en su parte superior, que sube y baja para adecuar la presión a la del evaporador, según haya más o menos cantidad líquida o gaseosa.

El depósito está conectado a diferentes puntos de lo que sería el ciclo simple: la salida de la válvula de expansión, la entrada del evaporador, y la entrada del compresor. Un poco más adelante se explicará en qué

casos circula el fluido por dichas conexiones, y las condiciones que presenta en ellos.

Para la bomba que aparece en la Figura 4-2. Componentes del ciclo con depósito que conecta el depósito con la entrada del evaporador, se considera que su trabajo en estos cálculos será despreciable, pues como toda la parte de baja presión está a presión constante, esa bomba sólo tendrá que vencer la pérdida de carga que se produzca en los conductos y en el evaporador. Dicha bomba será movida por una pequeña batería auxiliar para que pueda funcionar en caso de que no haya radiación.

Para este sistema, el funcionamiento es el siguiente:

Durante los períodos de radiación solar, trabaja como un ciclo de compresión simple. El refrigerante se comprime en el compresor, que es accionado gracias a la energía que aportan los paneles fotovoltaicos. Después se condensa y se expande, tras lo cual la parte de refrigerante excedente que no es necesaria para cubrir la demanda en el momento, se introduce en el depósito. El resto se hace circular por el evaporador para generar frío, y así sucesivamente.

Durante la noche o períodos en los que la energía solar es insuficiente para accionar el compresor, el refrigerante almacenado se lleva al evaporador mediante la bomba que se encuentra a la salida del depósito. Una vez proporcionado el frío, el refrigerante vuelve, en estado gaseoso, al depósito.

#### 4.2.2 Modos de funcionamiento

Los posibles métodos de funcionamiento, según las condiciones ambientales y de demanda, serán estos:

1. En este modo de operación, no se está produciendo frío en el lado del evaporador, sin embargo hay suficiente electricidad para mover el compresor. Por ello, se hace operar, añadiendo refrigerante en estado líquido al tanque de almacenamiento y en consecuencia disminuyendo el título del vapor en el mismo. Se podrá producir tanto refrigerante líquido como la radiación y el tamaño del depósito lo permitan.

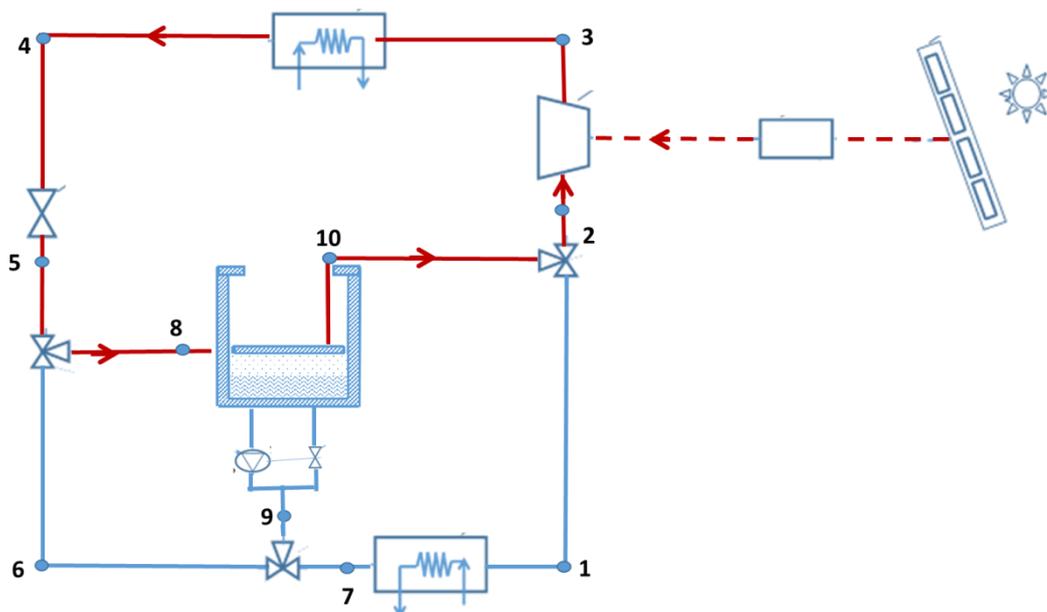


Figura 4-3. Caso 1. Carga



4. Funcionamiento sin almacenamiento de frío. Esto se dará cuando la producción de frío coincida exactamente con la demanda en el evaporador. En este caso, la energía solar fotovoltaica se usa completamente para cubrir la demanda de frío. Por tanto, las válvulas del depósito estarán cerradas, y el sistema se comportará como lo haría si no tuviera almacenamiento, es decir, como en el ciclo simple ya modelado.

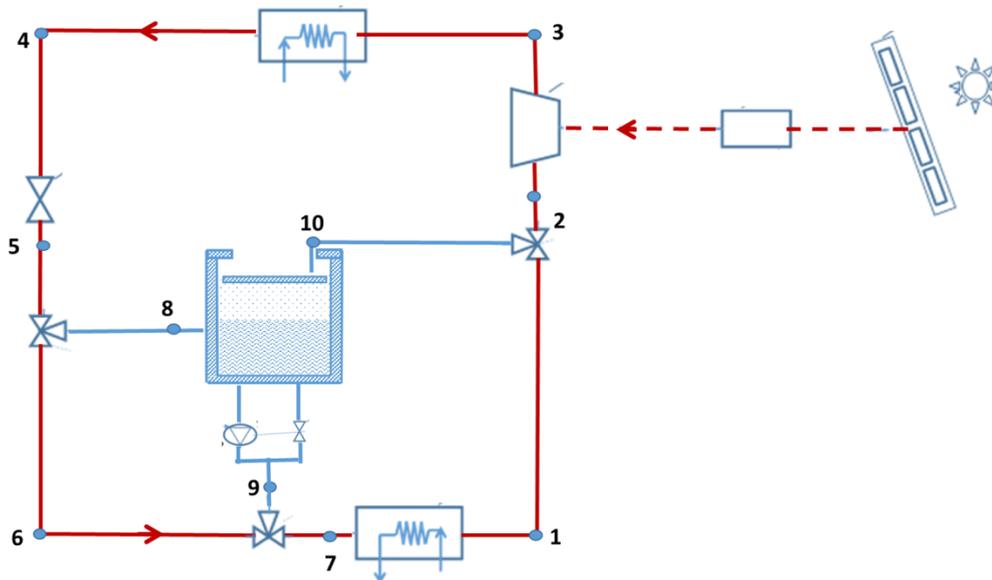


Figura 4-6. Caso 4. Ciclo simple

5. En este caso, no hay energía solar para accionar el compresor, por lo que se utiliza el refrigerante almacenado para cubrir la demanda. Éste se hace pasar (en estado de líquido saturado) por el evaporador impulsado por una bomba a la salida del depósito, y una vez que pasa a estado vapor vuelve a introducirse en el tanque, aumentando así su título del vapor.

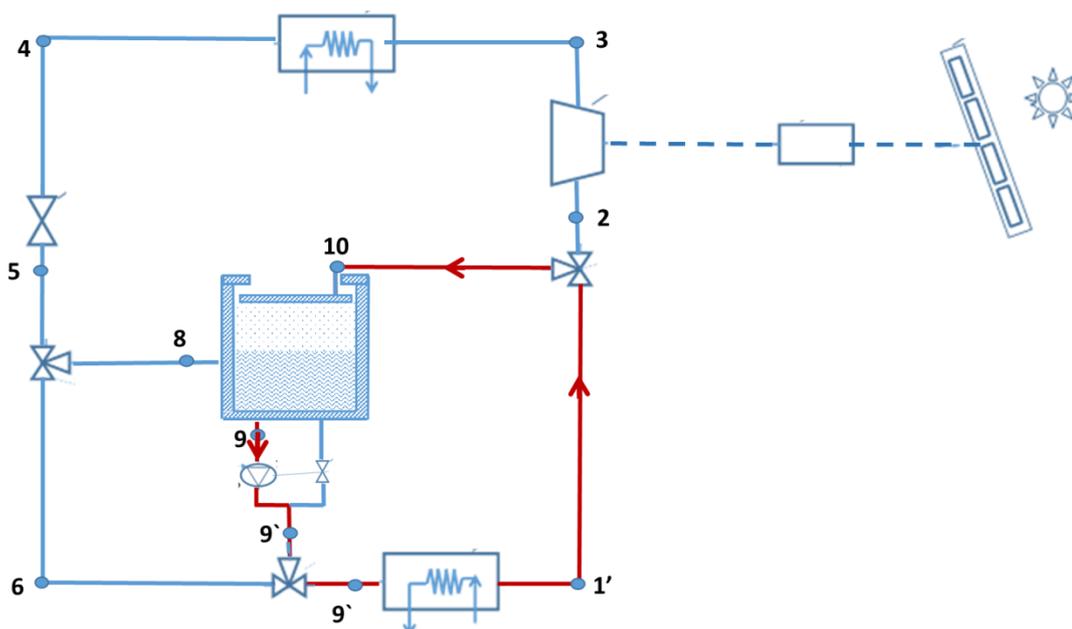


Figura 4-7. Caso 5. Descarga

La fracción de refrigerante a tomar dependerá de la demanda de frío y de la producción fotovoltaica, y el comportamiento del evaporador variará según las condiciones de funcionamiento del sistema en cada momento.

### 4.2.3 Modelo matemático

Los diferentes modos de funcionamiento tendrán un modelado matemático ligeramente diferente. Esto será debido a que según en qué caso esté funcionando la instalación, los puntos del circuito tendrán unas condiciones que pueden ser distintas.

- CASO 1

En esta situación, al no haber demanda de frío, toda la producción del campo solar se dedica a la compresión de refrigerante gaseoso para condensarlo y pasarlo a líquido para volverlo a almacenar. Por ello, además de disminuir el título del vapor en el tanque también su volumen se hará menor cuanto más refrigerante gaseoso se extraiga.

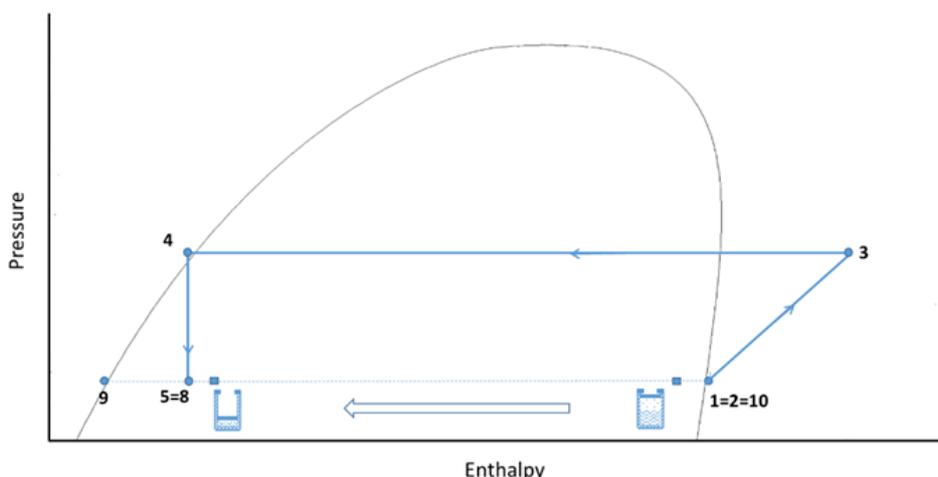


Figura 4-8. Diagrama p-h caso 1

Las ecuaciones que modelan este modo de funcionamiento son:

- $Q_{FRIG} = 0$
- $Q_{COND} = m_{10} * (h_3 - h_4)$
- $W_{COMP} = m_{10} * (h_3 - h_2)$
- $m_{10} = m_8$

- CASO 2

En el caso 2, la producción de la fotovoltaica es tal que supera a la demanda de frío, con lo cual se puede comprimir refrigerante en estado vapor para condensarlo y guardarlo en el depósito para usarlo en caso de necesidad más tarde. En esta situación, el límite de cuánto refrigerante puede almacenarse lo marca la producción fotovoltaica o bien el volumen disponible que haya en el depósito. Aquí, el refrigerante extraído estará en condición de vapor saturado (punto 10), mientras que el refrigerante introducido estará en estado líquido-vapor (punto 8) con un título del vapor que dependerá de la



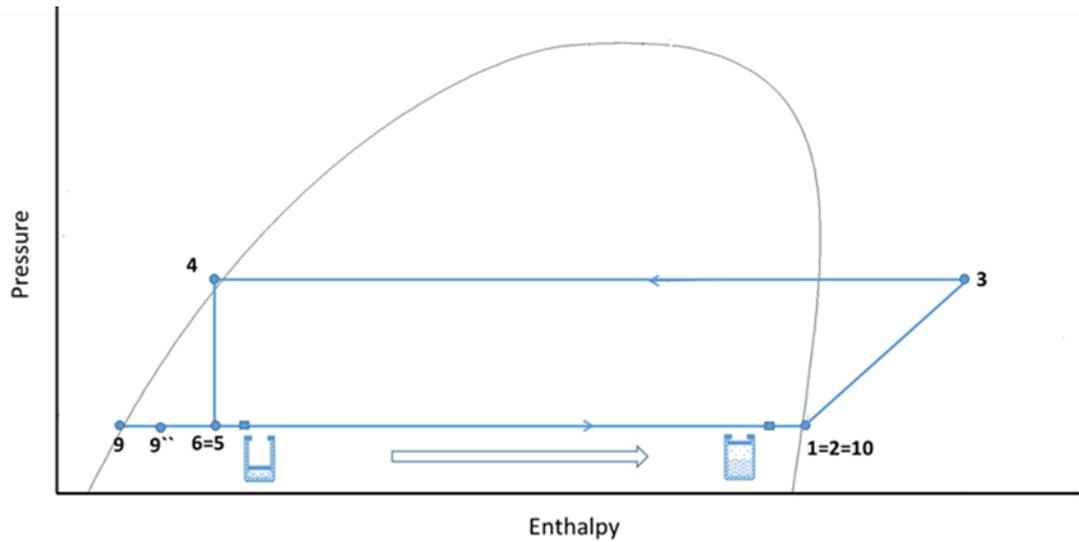


Figura 4-10. Diagrama p-h caso 3

Las ecuaciones y las suposiciones realizadas son las siguientes:

- Título del vapor a la salida del depósito =  $x_9 = 0$
- $P_6 = P_9 = P_{9''}$
- $Q_{FRIG} = m_{REFRIG} * (h_1 - h_{9''})$
- $Q_{COND} = m_6 * (h_3 - h_4)$
- $W_{COMP} = m_6 * (h_3 - h_2)$
- Para el cálculo del título del vapor de la mezcla y de la masa de refrigerante necesaria para cubrir la demanda, se usará balance de masa y el Primer Principio de la Termodinámica, bajo el supuesto de que la mezcla se realiza de manera adiabática.
  - $m_6 + m_9 = m_{9''}$
  - $m_{9''} * (u_{9''} - u_{ref}) - m_9 * (u_9 - u_{ref}) - m_6 * (u_6 - u_{ref}) = 0$

Si se sustituye la energía interna en cada punto en la ecuación del Primer Principio por la ecuación del cálculo de la misma en función del título del vapor y de las energías internas de líquido y gas saturado, quedará un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas ( $m_9$ ,  $m_{9''}$  y  $x_{9''}$ ).

- CASO 4

Como ya se ha visto, se comporta como el ciclo simple ya modelado.

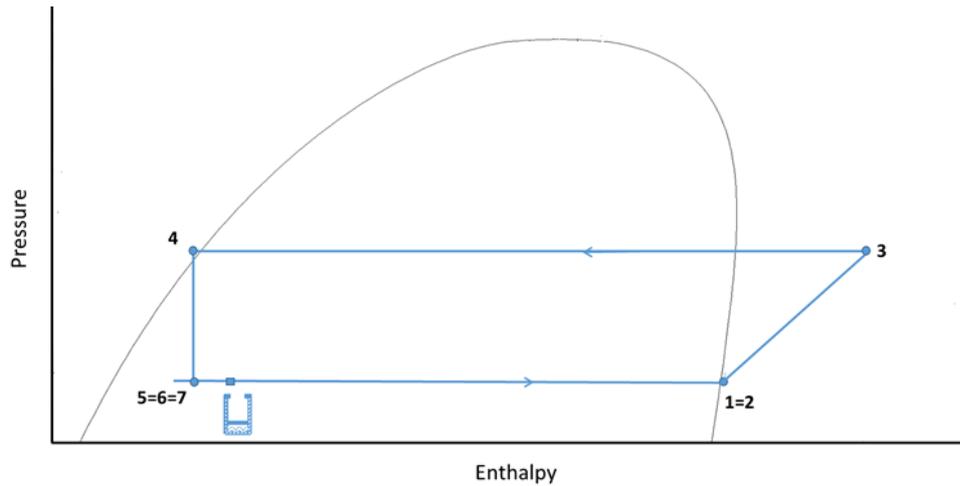


Figura 4-11. Diagrama p-h caso 4

- CASO 5

Para este caso, en el que el refrigerante se extrae líquido del depósito para hacerlo pasar por el evaporador, tras lo cual se vuelve a introducir en el tanque en estado gaseoso, se observa en la gráfica cómo el paso del amoníaco por la bomba eleva ligeramente la presión, y hace que salga de ella en estado subenfriado, si bien esto se considerará despreciable a la hora de hacer los cálculos, ya que la diferencia de presión es muy poco relevante, como ya se dijo anteriormente.

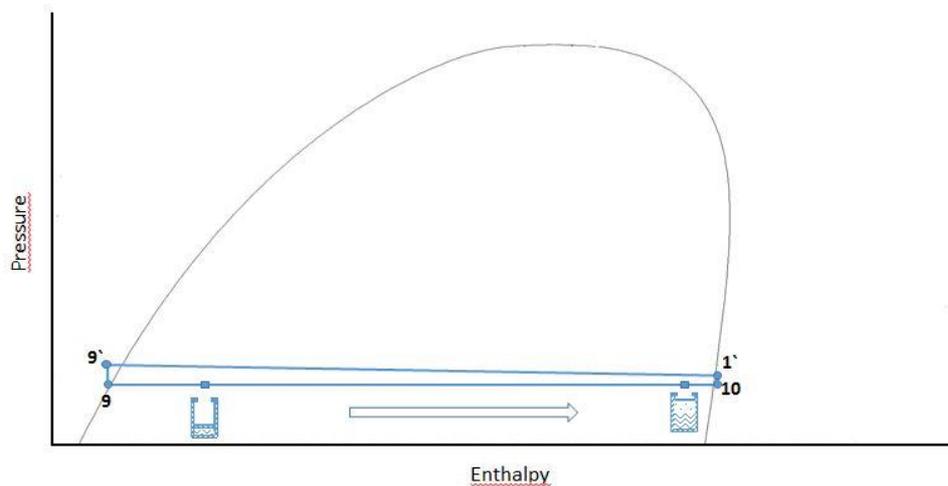


Figura 4-12. Diagrama p-h caso 5

Cuando no está funcionando el compresor, el modelado de la instalación sería según las siguientes ecuaciones:

- Obtención de las entalpías a partir de la  $T_{EVAP}$  y el título del vapor
- $x_9 = 0$
- $x_{10} = 1$

$$\circ \quad Q_{\text{FRIG}} = m_{\text{REFRIG}} * (h_1 - h_9)$$

#### 4.2.4 Campo solar

El tamaño del campo solar es función de la potencia que se requiera en el compresor. Las ecuaciones que se emplean para caracterizarlo son las que se definen a continuación.

El rendimiento del campo fotovoltaico dependerá de las propiedades del panel y de la temperatura de la célula. A su vez, la temperatura de la célula es función de las condiciones ambiente y de las características del panel. Dichas características pueden verse en la Tabla 4-1 para el panel seleccionado, que será el de Silicio monocristalino.

$$\eta_{PV} = \eta_{ref} * [1 - \beta(T_{cell} - 298,15)]$$

$$T_{cell} = T_a + \frac{TONC - 20}{800} I$$

370

C.L.A. Dias et al. / Renewable Energy 114 (2017) 367–375

**Table 1**  
Technologies, types of PV modules and their manufacturers.

Technology	Module type	Manufacturer	Reference
a-Si (thin film)	DA100	Du Pont Apollo	[26]
a-Si/μSi (thin film) (Tandem Junction)	DA142	Du Pont Apollo	[27]
p-Si	SF220–30–1P235L	Hanwha SolarOne	[28]
m-Si (n-type)	YL260C-30b	Yngli Green Energy Holding	[29]
CIGS (thin film)	PowerMax® STRONG 120	AVANCIS GmbH & Co.	[30]
CdTe (thin film)	FS-280	First Solar	[31]

**Table 2**  
Main characteristics of PV modules and array according to STC and NOCT.

	Unit	a-Si	a-Si/μ-Si	p-Si	m-Si	CIGS	CdTe	
STC	$P_{mpp}$	W <sub>p</sub>	100	142	235	260	120	80
	$V_{oc}$	V	97	156	36,8	38,6	58,5	91,5
	$I_{sc}$	A	1,77	1,43	8,44	8,91	3,21	1,22
	$V_{mpp}$	V	72	121	30,1	30,8	42,8	71,2
	$I_{mpp}$	A	1,39	1,17	7,81	8,46	2,8	1,12
	$\eta_R$	%	6,4	10,01	14,23	15,95	11,18	11,08
NOCT	$P_{mpp}$ (Array)	W <sub>p</sub>	9000	8946	8930	8840	8880	8960
	NOCT	°C	43,4	43,4	45	46	40	45
	$\gamma$	%/°C	-0,25	-0,30	-0,45	-0,42	-0,39	-0,25
	Number of module	un	90	63	38	34	74	112
Number of string	un	5	3	19	17	16	8	
Array area	m <sup>2</sup>	139,49	99,19	60,53	59,47	80,96	80,64	

Source [26–31].

Tabla 4-1. Características del panel fotovoltaico seleccionado

Así, la potencia que llega del campo solar al compresor vendrá dada por la siguiente ecuación, donde el rendimiento de acople es debido al dispositivo de unión entre el campo y el compresor (bien sea un acondicionador de potencia, un inversor, etc., lo cual dependerá principalmente de las características del compresor).

$$P_h = (\eta_{PV} * A * I_h) \eta_{acople}$$

Para los cálculos, supondremos un  $\eta_{acople} = 0,9$ .

#### 4.2.5 Volumen del depósito

Si bien el principal objetivo de este trabajo es analizar la variación de volumen del depósito de refrigerante, se hará un predimensionado del depósito tal que asegure la capacidad de suplir la demanda requerida. Este predimensionado variará dependiendo de las temperaturas de funcionamiento.

Esto se hará teniendo en cuenta que:

- La energía que demande el evaporador debe ser la masa de vapor que se necesite en el evaporador multiplicada por el salto de entalpía en el mismo

$$Q_{EVAP} = m \Delta h_{EVAP}$$

- El título del vapor inicial considerado en el depósito será  $x = 0,95$ . Es decir, se toma el caso más desfavorable, en que el depósito está prácticamente lleno de refrigerante gaseoso, con sólo un mínimo de líquido para mantener la maniobrabilidad mecánica. También se analizará la evolución del depósito cuando  $x = 0,3$ , pero el volumen inicial que se tomará será el calculado con el título de 0,95.
- Para asegurar que se suple la demanda, se dará un coeficiente de seguridad a la masa del depósito de:

$$m_{dep} = 1,2 * m$$

- Por tanto, el volumen del depósito, tanto inicialmente como en cada momento, se calculará a partir del título del vapor, como:

$$V_{dep} = m_{dep} * v_{dep}$$

Siendo  $v_{dep}$  el volumen específico del depósito.

#### 4.2.6 Demostración Principios de la Termodinámica

Para demostrar la viabilidad física de este proceso, se analizará el cumplimiento del Primer y Segundo Principio de la Termodinámica en dos casos: tanto en el caso en el que la producción fotovoltaica es insuficiente y hay que tomar refrigerante del depósito (Caso 3), como el caso en que hay exceso de producción y se almacena refrigerante tras haberlo condensado (Caso 2).

Se utilizarán unos valores predefinidos de masa del depósito y título del vapor inicial, así como de masa extraída. Por tanto:

- $m_i = 4 \text{ kg}$  = masa inicial
- $m_f = 4 \text{ kg}$  = masa final
- $m_{IN} = 1 \text{ kg}$  = masa que entra al depósito
- $m_{OUT} = 1 \text{ kg}$  = masa que sale del depósito

Las ecuaciones que se usarán de los Principios son las siguientes:

- Primer Principio

$$m_F * u_F - m_I * u_I = -p * (m_F * v_F - m_I * v_I) - m_{OUT} * h_{OUT} + m_{IN} * h_{IN}$$

- Segundo Principio

$$m_F * u_F - m_I * u_I + m_{OUT} * s_{OUT} - m_{IN} * s_{IN} = \Delta S^u \geq 0$$

A continuación se definirán los parámetros que varían en cada caso:

- **Caso 3.** Se toma refrigerante líquido del depósito.
  - $x_I = 0,5$  = título de vapor inicial
  - $x_{IN} = 1$  = título de vapor del fluido que entra (vapor saturado)
  - $x_{OUT} = 0$  = título de vapor del fluido que sale (líquido saturado)
  - $x_F = 0,75$  = título de vapor final
- **Caso 2.** Se almacena refrigerante líquido en el depósito.
  - $x_I = 0,5$
  - $x_{IN}$  = se calcula en función de la presión y la entalpía en ese punto
  - $x_{OUT} = 1$  = título de vapor del fluido que sale (vapor saturado)
  - $x_F = \frac{m_{IN} \cdot x_{IN} + m_I \cdot x_I - m_{OUT} \cdot x_{OUT}}{m_I}$

## RESULTADOS

Analizándolo para una  $T_{COND} = 40 \text{ °C}$  y una  $T_{EVAP} = -10 \text{ °C}$ :

	Primer Principio		Segundo Principio
	1º término [kJ]	2º término [kJ]	$\Delta S^u$ [kJ/K]
<b>Caso 3</b>	1176	1176	0
<b>Caso 2</b>	-961,6	-961,6	0

Tabla 4-2. Tabla demostrativa de los principios de la Termodinámica

La comprobación del cumplimiento del Primer Principio se ha realizado separando el primer y segundo miembro de la ecuación y comparándolos, viendo que, efectivamente en los dos casos considerados, el valor que tienen es el mismo. Para el Segundo Principio, se observa que la variación de entalpía del universo es nula, lo cual es debido a que el proceso de estudio es reversible.



# 5 CASOS DE ESTUDIO Y RESULTADOS

---

En este capítulo se definirán los distintos casos para los que se va a estudiar el comportamiento horario durante un día de la instalación, y más exhaustivamente, del depósito de almacenamiento de refrigerante. Para tener una amplia visión del comportamiento de la instalación se analizarán cuatro casos con niveles opuestos de temperatura ambiente e irradiancia. Al mismo tiempo, se estudiará el funcionamiento para las tres temperaturas de producción de frío seleccionadas (283 K, 268 K y 250 K). La temperatura de condensación también tomará distintos valores (298 K, 303 K y 313 K), y se ha tomado aproximadamente 5 °C más alta que la máxima temperatura ambiente para cada caso.

En todos los casos, se va a suponer una demanda constante de frío de 0,1 kWf desde las 12 horas hasta las 24.

La superficie de paneles escogida para el estudio es de 0,5 m<sup>2</sup>, que para un caso de alta irradiancia y temperatura ambiente se ha comprobado que es válido para cubrir la demanda definida. Dado esto, se analizará la capacidad de la instalación de suplir la demanda para los demás casos.

Otra consideración a tener en cuenta será que se tomará un valor de seguridad tanto mínimo como máximo del título del vapor dentro del depósito. El valor máximo será de  $x = 0,95$  para permitir que aún quede algo de refrigerante líquido, lo cual facilitará la maniobrabilidad del pistón. El valor mínimo será de  $x = 0,08$ , para que siempre haya algo de vapor en el depósito, lo cual asegurará que en el compresor nunca entren gotas de líquido.

Con respecto al compresor, se considerará que es de funcionamiento variable y que no posee límite de potencia inferior.

Además, una vez comprobado el comportamiento en casos de días aislados, se hará un estudio comparativo del funcionamiento de la instalación para 3 días seguidos suponiendo primero un día despejado, a continuación un día nublado y finalmente otro día despejado. Esto permitirá conocer la evolución de la cantidad de refrigerante disponible en el depósito y si es posible suplir la demanda en condiciones más reales de utilización.

Las variables que se van a emplear y la nomenclatura para ellas será la siguiente:

- $G_h$  = Irradiancia media horaria por metro cuadrado (kW/m<sup>2</sup>)
- $W_{comp_h}$  = Trabajo medio horario del compresor que se obtiene del campo solar (kW)
- $Q_{frig_h}$  = Demanda de frío horaria en el evaporador (kW)
- $Q_{frig_{SIMPLE_h}}$  = Potencia frigorífica media horaria del ciclo simple (kW)
- $x_h^D$  = Título del vapor medio horario en el depósito de refrigerante
- $V_{DEP}$  = Volumen medio horario del depósito de refrigerante (m<sup>3</sup>)

## 5.1 Datos climáticos

Los datos climáticos considerados para los casos estudiados se dan a continuación. Los distintos valores de temperaturas de condensación tomados se deben a temperaturas ambiente diferentes. Al mismo tiempo, como ya se ha dicho, se analizarán valores opuestos de irradiancia, que se definen como:

Irradiancia (W/m <sup>2</sup> )		Temperaturas ambiente (°C)		
ALTA	BAJA	Baja	Media	Alta
0	0	10	15	25
0	0	9,3	14,3	24,3
0	0	8,5	13,5	23,5
0	0	8,1	13,1	23,1
0	0	7,6	12,6	22,6
0	0	7,3	12,3	22,3
0	0	7,3	12,3	22,3
29	6	8,4	13,4	23,4
219	50	10,3	15,3	25,3
468	109	12,4	17,4	27,4
702	226	14,4	19,4	29,4
895	322,5	16,4	21,4	31,4
980	365	18	23	33
989	369,5	19,3	24,3	34,3
979	364,5	20,2	25,2	35,2
944	347	20,7	25,7	35,7
781	265,5	20,8	25,8	35,8
561	155,5	20,3	25,3	35,3
307	28,5	19,3	24,3	34,3
78	15	17,9	22,9	32,9
0	0	16,4	21,4	31,4
0	0	15,3	20,3	30,3
0	0	14,2	19,2	29,2
0	0	13	18	28

Tabla 5-1. Datos de radiación y de temperaturas ambiente

## 5.2 Días aislados

A continuación se va a realizar el estudio del funcionamiento de la instalación durante días aislados. En todos los casos se supondrá que el depósito tiene inicialmente un título del vapor de  $x = 0,95$ , es decir, que comienza completamente “descargado”. Se analizará la evolución del volumen y del título para las distintas temperaturas de condensación y evaporación, así como en casos de alta y baja radiación. Se podrá ver, entonces, las diferencias en las tendencias de las curvas y en qué ocasiones es más favorable el empleo de esta instalación y en cuáles el depósito apenas llega a cubrir la demanda requerida.

Todos los parámetros son representados frente al tiempo, de modo que el eje de abscisas de las figuras siempre será la hora.

### 5.2.1 Caso 1. Alta Irradiancia y $T_{COND} = 313\text{ K}$

En este primer caso, la temperatura de condensación se tomará elevada porque la temperatura ambiente también lo será. Además, se dispone de niveles elevados de irradiación, con lo que el compresor también podrá ofrecer una potencia considerable.

### 5.2.1.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$

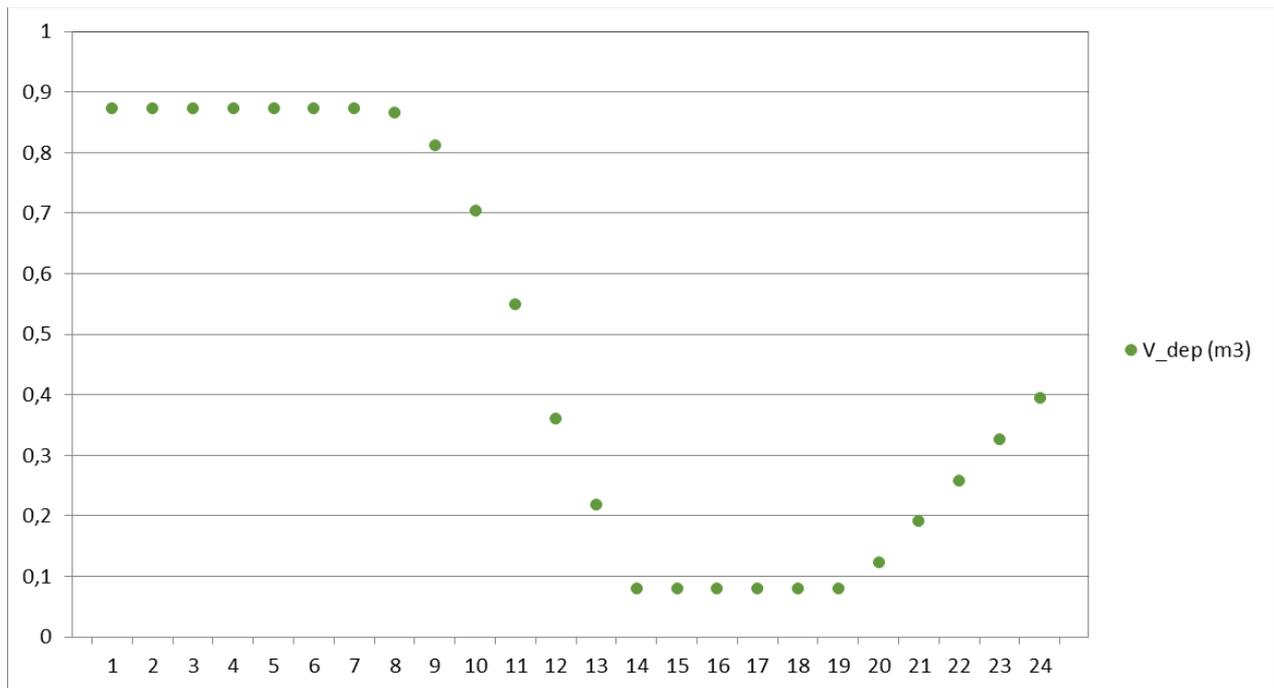
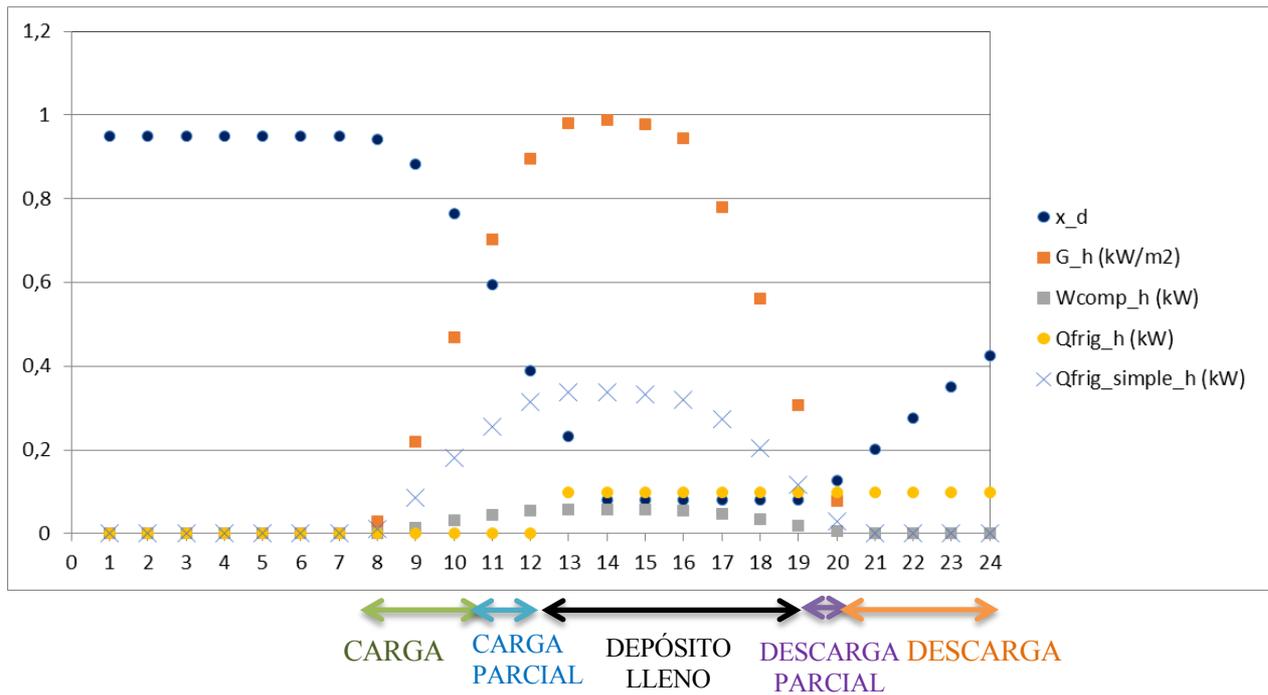
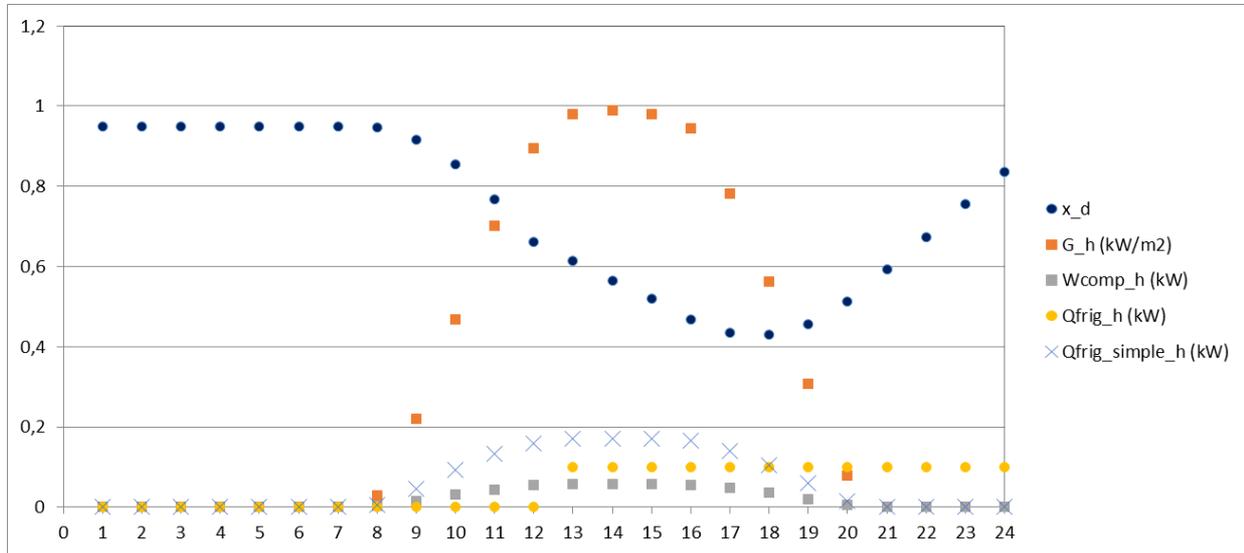


Figura 5-1. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 313\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$

Para esta circunstancia, puede verse cómo el hecho de que los niveles de radiación sean elevados, y que la temperatura de evaporación sea alta (lo cual hará más eficiente el ciclo de refrigeración) permite que el depósito de refrigerante llegue a llenarse durante la carga parcial. Esto implica que, al mismo tiempo que se está supliendo la demanda de frío en el evaporador, la radiación es tal que permite que suficiente excedente de amoníaco líquido se acumule en el depósito. Consecuentemente, tal y como está dimensionado el depósito, esto permite cubrir la demanda de frío requerida durante la noche y cuando la radiación no es suficiente para proporcionar todo el refrigerante necesario, sin utilizar siquiera todo el amoníaco líquido. Por ello, el depósito quedaría con una fracción importante de amoníaco líquido disponible para utilizar al día siguiente. Además es

destacable el volumen necesario del depósito, que como se no llega a  $1 \text{ m}^3$ .

### 5.2.1.2 Producción a $T_{\text{EVAP}} = 263 \text{ K}$



← CARGA ← CARGA PARCIAL ← DESCARGA PARCIAL ← DESCARGA →

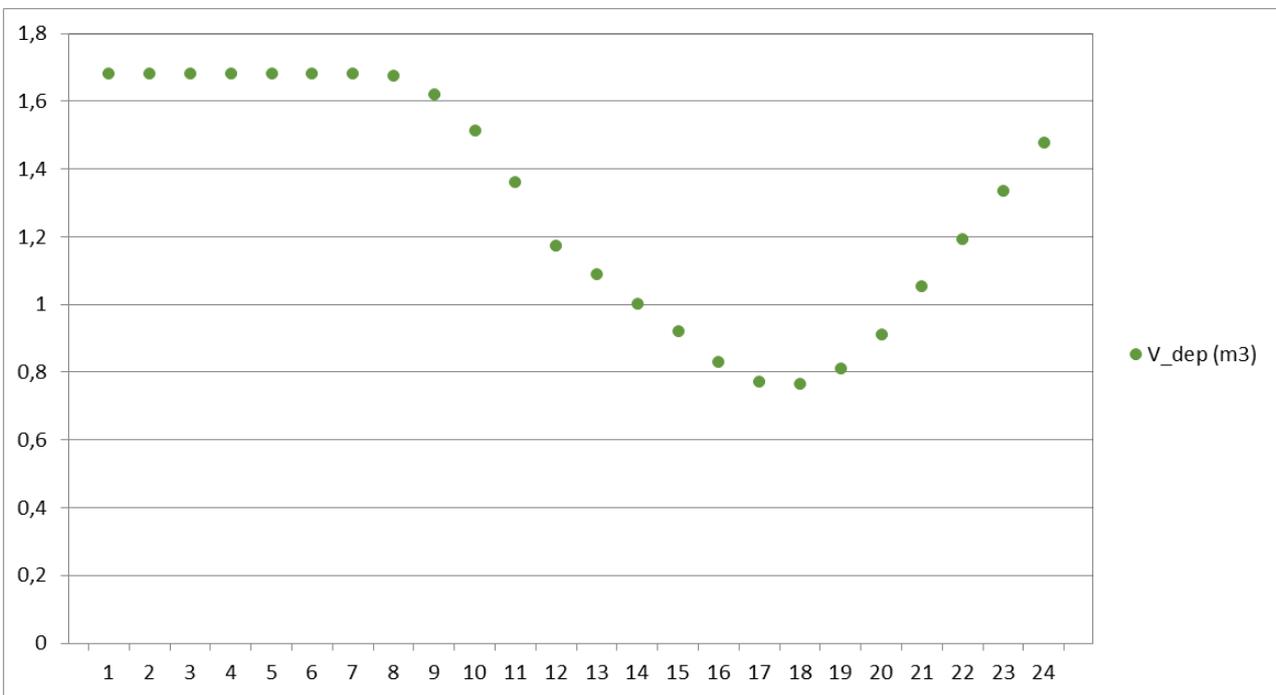


Figura 5-2. Parámetros de estudio para  $T_{\text{cond}} = 313 \text{ K}$  y  $T_{\text{evap}} = 263 \text{ K}$

Ahora, la temperatura de producción de frío es menor, con lo cual el rendimiento del ciclo también lo será, pues la temperatura de condensación se ha mantenido constante. Esto se puede observar en el hecho de que ahora el depósito no llega a llenarse completamente, sino que se carga parcialmente cuando empieza a haber demanda pero la descarga parcial se inicia antes de que el depósito esté del todo lleno. No obstante, la demanda nocturna se podrá suplir igualmente, como se observa en la Figura 5-2. Parámetros de estudio para

$T_{cond} = 313 \text{ K}$  y  $T_{evap} = 263 \text{ K}$  ya que el título del vapor no llega a volver al 0,95 inicial. Es decir, en este caso el depósito también permite que haya un funcionamiento adecuado en que pueda satisfacerse la demanda. Se observa que ahora el tamaño del depósito es casi el doble que en el caso anterior.

### 5.2.1.3 Producción a $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$

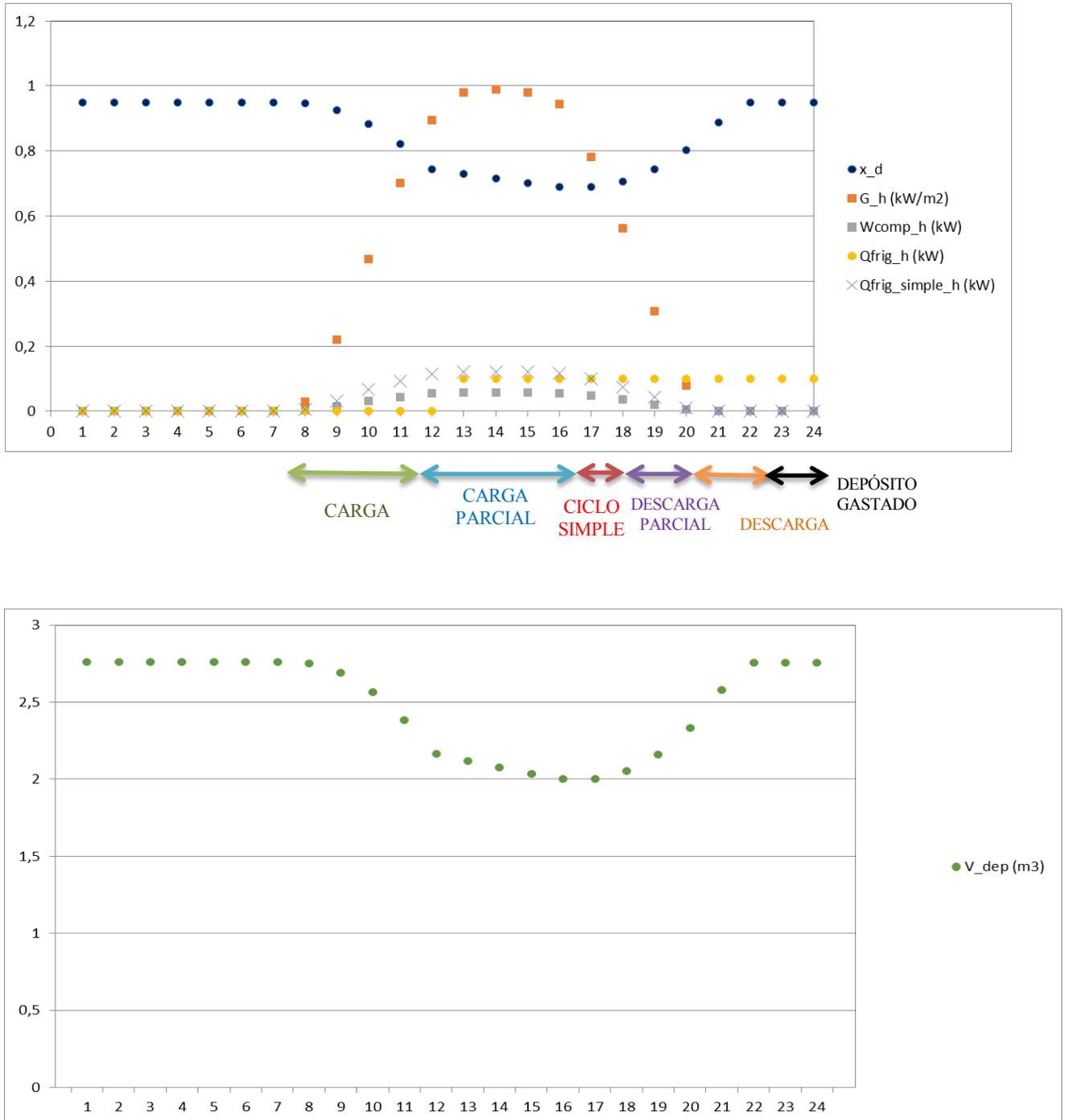


Figura 5-3. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 313 \text{ K}$  y  $T_{evap} = 250 \text{ K}$

Para este caso, la temperatura de evaporación es aún menor que en los anteriores. Aparte de la particularidad de que durante una hora la demanda y la producción coinciden, y por ello el depósito no actúa en ese momento sino que funciona como un ciclo simple convencional, para estas condiciones el depósito sí que llega a vaciarse de refrigerante líquido completamente, lo cual implica que durante unas horas (en este caso dos), la

demanda no puede ser abastecida con el sistema seleccionado.

Por tanto, si para una temperatura de condensación de 313 K se deseara cubrir la demanda en todo momento para las distintas aplicaciones de producción de frío consideradas en este estudio, y contando con una ubicación con alta irradiancia por unidad de superficie, sería necesario dimensionar un depósito ligeramente más grande del considerado, y aumentar el área de paneles fotovoltaicos para que fuera posible almacenar más líquido en las horas de carga y carga parcial.

## 5.2.2 Caso 2. Baja Irradiancia y $T_{COND} = 313\text{ K}$

En este caso de estudio se podrá observar la influencia determinante que tiene la irradiancia en el comportamiento de la instalación. Evidentemente, esta dependencia podrá solventarse si se aumenta la superficie de paneles fotovoltaicos.

### 5.2.2.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$

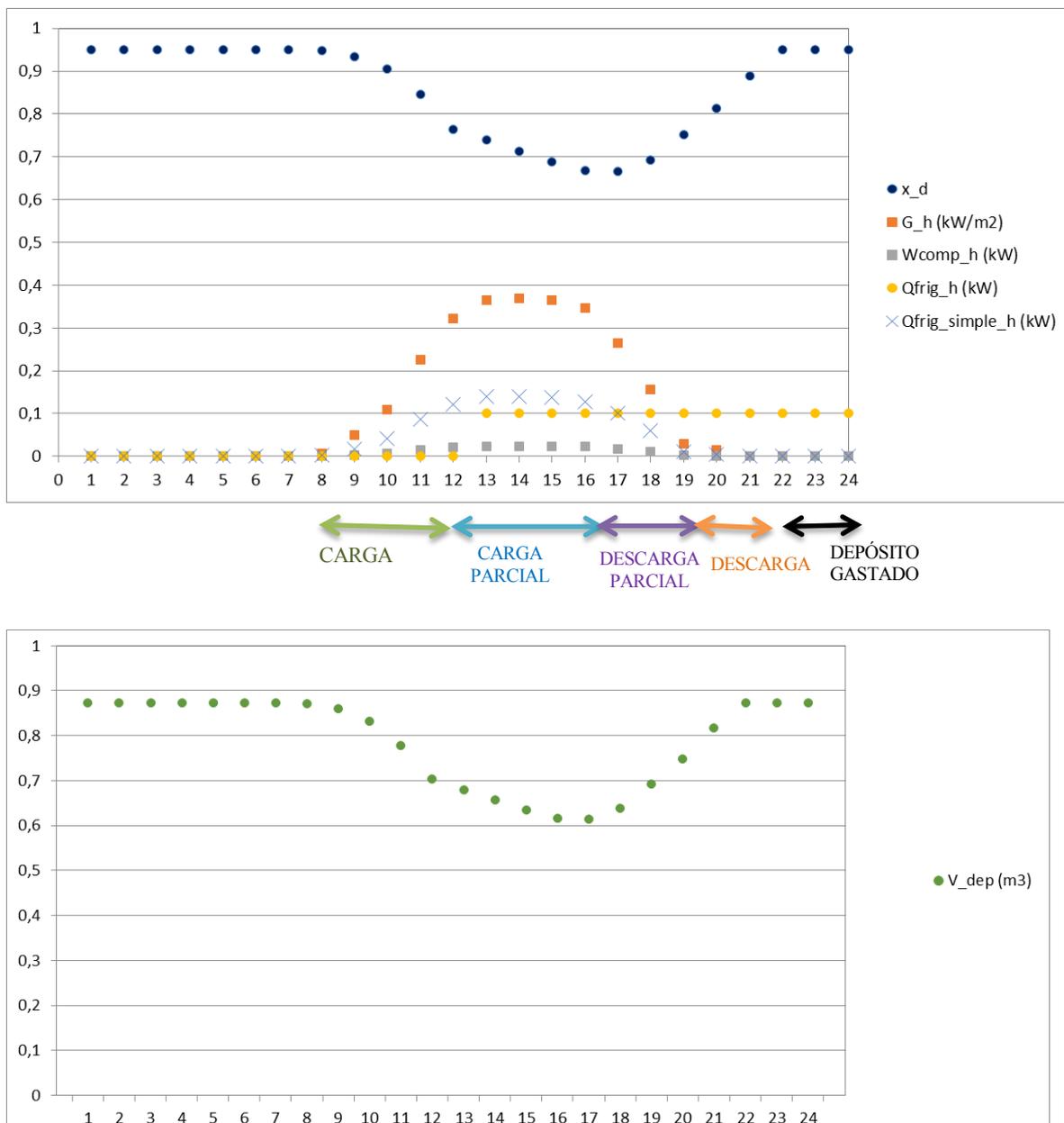


Figura 5-4. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 313\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$

Efectivamente, tal y como era previsible, en este caso el título del vapor disminuye mucho menos incluso después de las etapas de carga y de carga parcial. Como en esta situación la temperatura del evaporador es relativamente elevada (283 K), el depósito podrá usarse para cubrir la demanda casi todo el tiempo, si bien se ve que durante unas horas de la noche ya está gastado y no es posible seguir abasteciendo. El tamaño del depósito es el mismo que en el caso de alta radiación, pero se puede ver cómo la variación es mucho menor, de modo que ocupará durante más tiempo un volumen más grande.

### 5.2.2.2 Producción a $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$

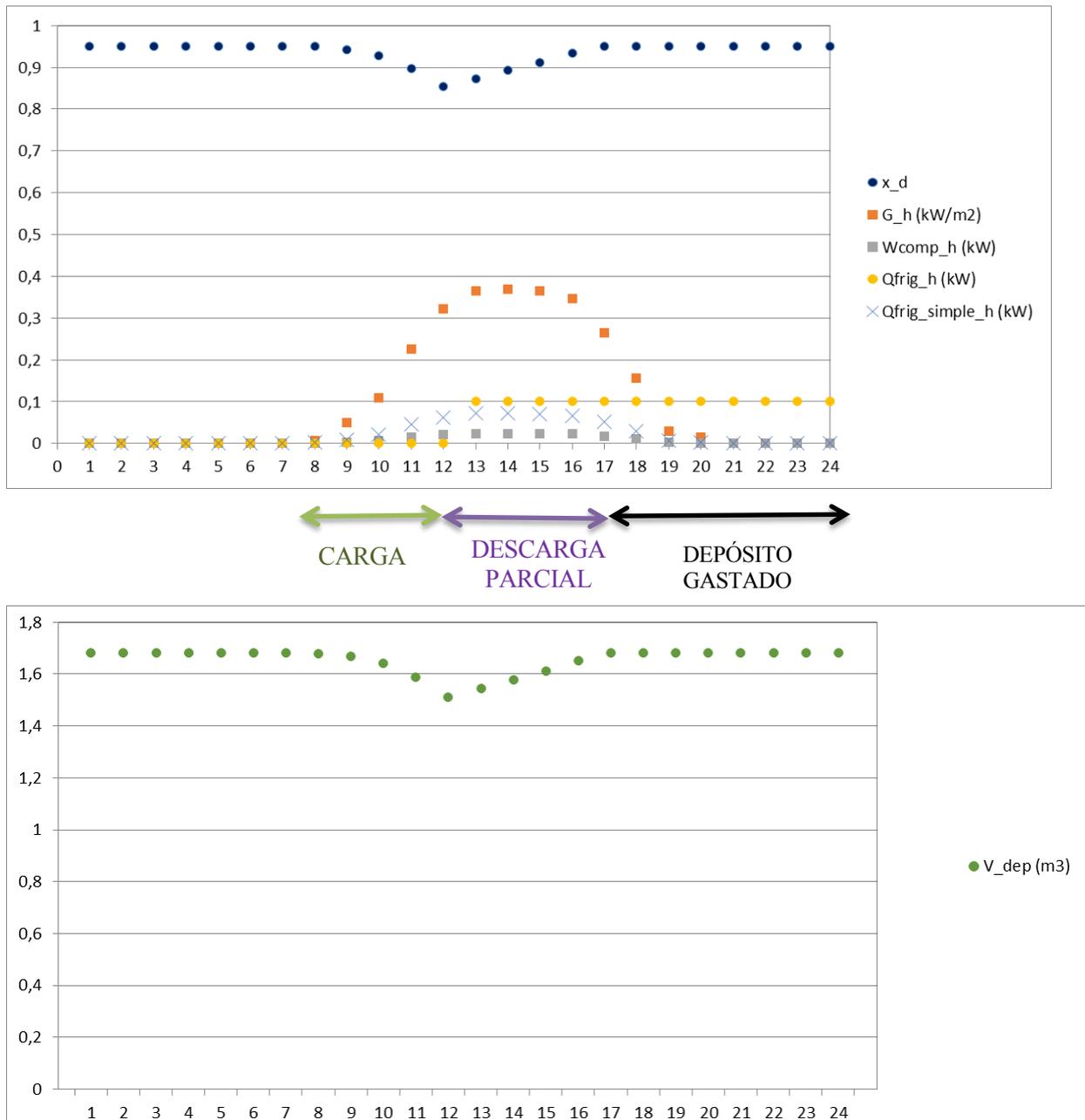


Figura 5-5. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 313 \text{ K}$  y  $T_{evap} = 263 \text{ K}$

Ahora la temperatura de evaporación es más baja, con lo que no sólo sucederá que el depósito quedará vacío de refrigerante líquido, sino que además el trabajo del compresor es tan bajo que en cuanto comienza la demanda, el depósito ya ha de empezar a vaciarse para poder abastecerla. Por tanto, el

depósito se gastará antes que en el caso anterior, incluso antes de que deje de haber radiación. En esas horas en las que sigue habiendo radiación, aunque el depósito esté gastado y no pueda cubrirse la demanda íntegramente, podría aportarse la parte que aún dé el campo solar.

### 5.2.2.3 Producción a $T_{EVAP} = 250\text{ K}$

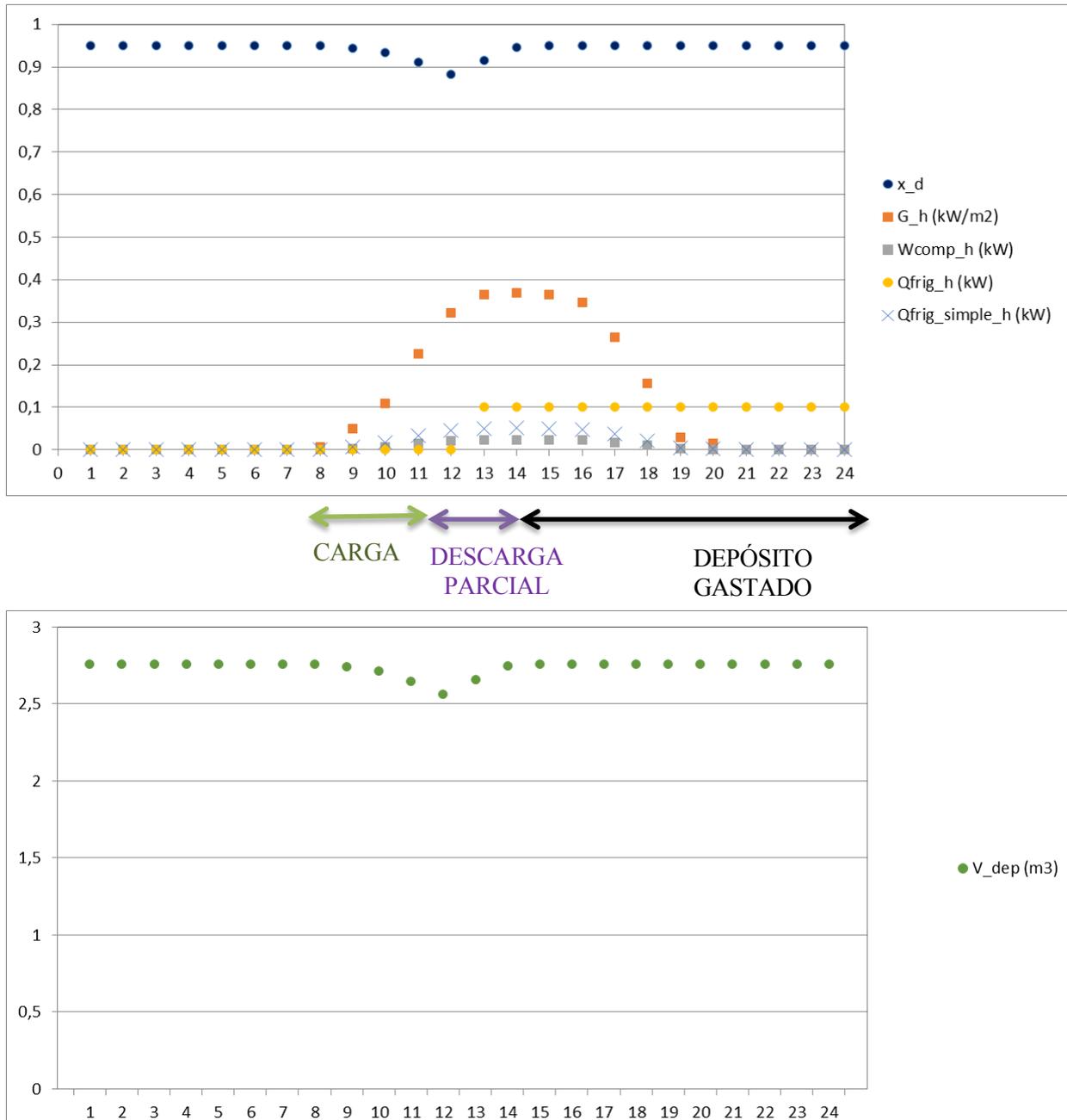


Figura 5-6. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 313\text{ K}$  y  $T_{evap} = 250\text{ K}$

Finalmente cuando la temperatura de evaporación es la más baja considerada, a pesar de que el depósito se cargará en el período en que no haya demanda, en cuanto esta comience se vaciará muy pronto y el depósito permanecerá hasta que haya radiación de nuevo sin poder ser utilizado.

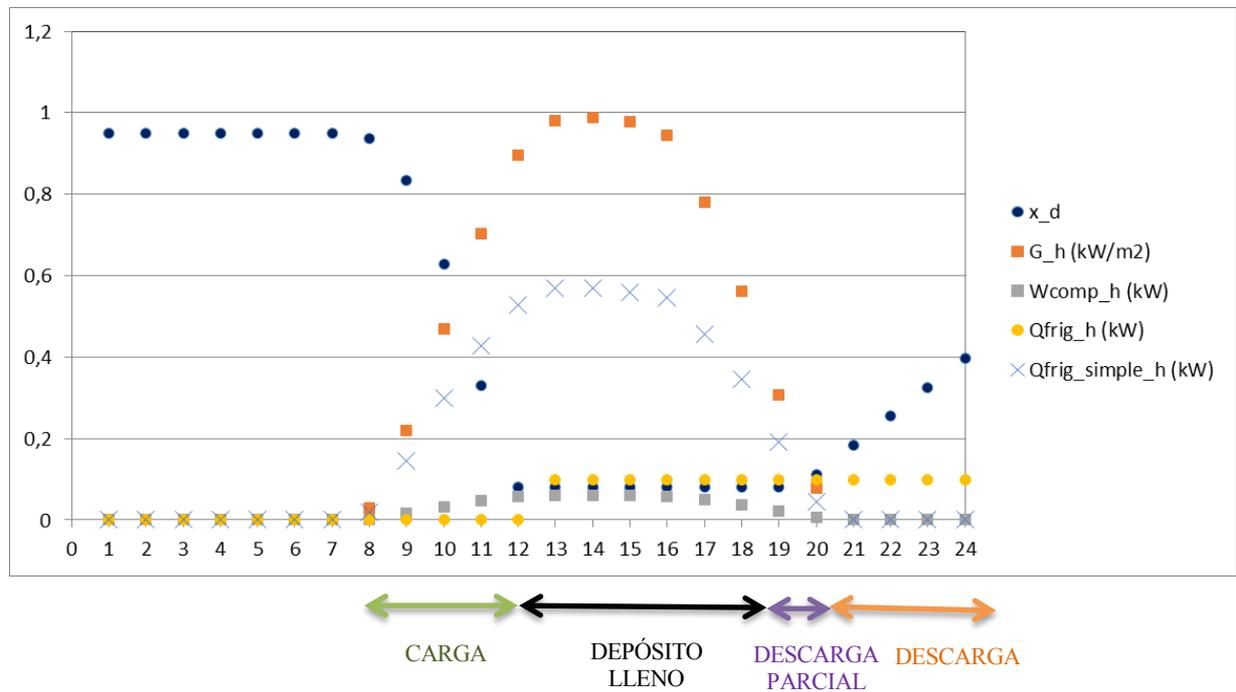
En conclusión, en caso de que la radiación sea baja se observa que esto afecta notablemente a la utilidad de esta instalación. Si la demanda de frío no requiere temperaturas muy bajas, el sobredimensionado del

campo solar no sería tan grande con respecto al considerado en este estudio, pero cuando las temperaturas del evaporador bajan mucho, el depósito tiene una influencia muy pequeña en el comportamiento de la instalación.

### 5.2.3 Caso 3. Alta Irradiancia y $T_{COND} = 303\text{ K}$

En este caso, la temperatura que se toma del condensador será menor que en el anterior. Para una instalación de refrigeración esto es favorable, como se podrá comprobar en los estados por los que pasa el depósito según las temperaturas de evaporación impuestas a continuación.

#### 5.2.3.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$



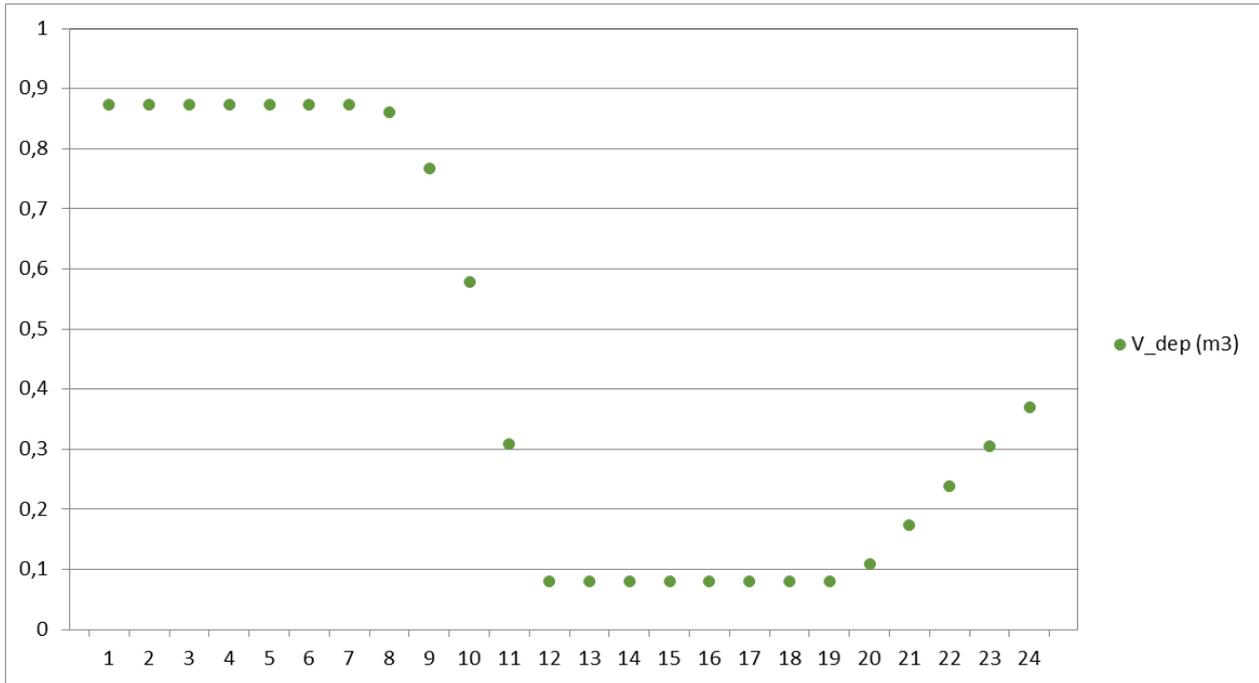
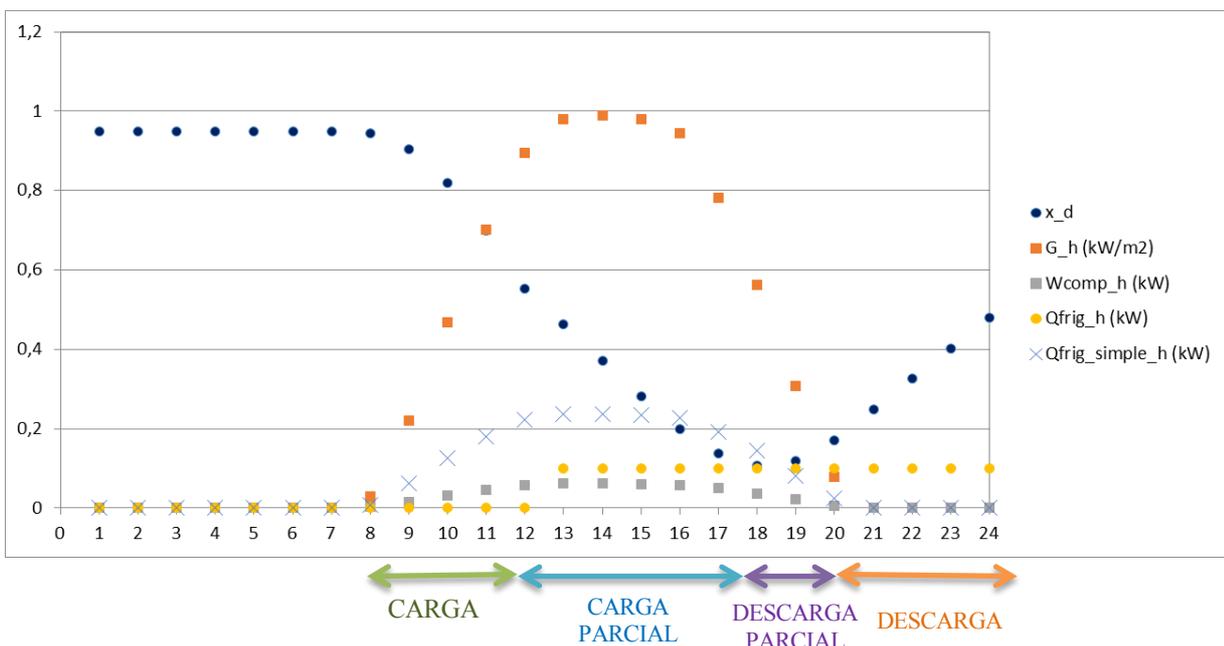


Figura 5-7. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$

En esta situación, como ya se ha dicho, la temperatura del evaporador es la más favorable porque es la más cercana a la de condensación. Esto se puede observar en la Figura 5-7. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$  pues el depósito tiene un período en las horas centrales del día en que está lleno de refrigerante líquido, de modo que quedaría radiación “desaprovechada”. Esta instalación sería muy útil entonces por ejemplo en este rango de temperaturas aunque la demanda fuese mayor, siempre que el depósito también tenga más capacidad. Por supuesto, la demanda nocturna es totalmente cubierta, y el depósito tendrá la mayor parte del tiempo un volumen bastante pequeño.

### 5.2.3.2 Producción a $T_{EVAP} = 263\text{ K}$



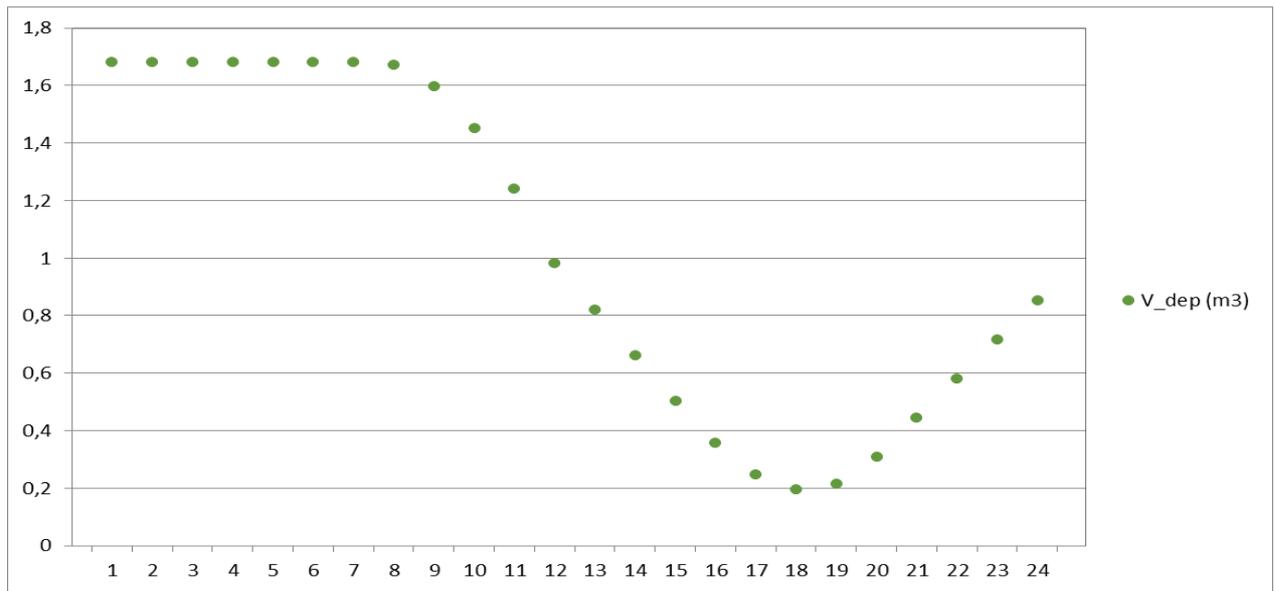
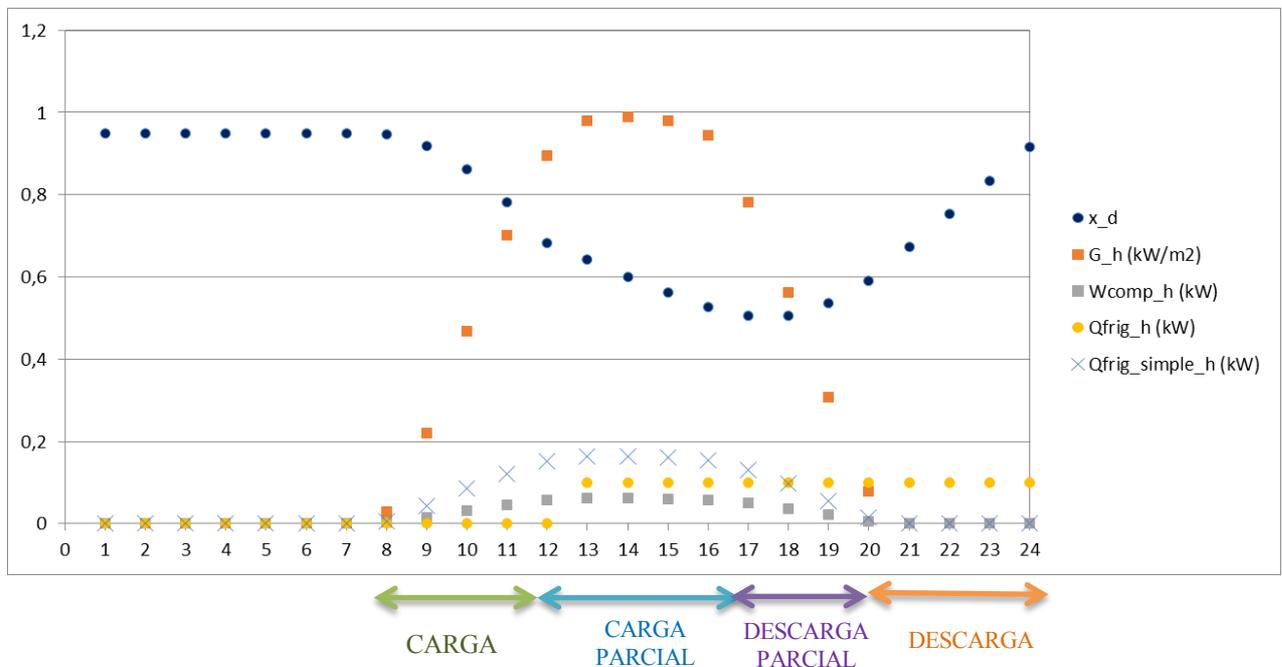


Figura 5-8. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 263\text{ K}$

Ahora el depósito no llega a estar completamente lleno de líquido como en el caso anterior, pero también se observa que es capaz de cubrir toda la demanda incluso en las horas que no hay radiación. De hecho, el título del vapor queda en torno a 0,5, es decir, que el depósito estaría aproximadamente a la mitad de su capacidad de refrigerante para ser utilizado al día siguiente.

### 5.2.3.3 Producción a $T_{EVAP} = 250\text{ K}$



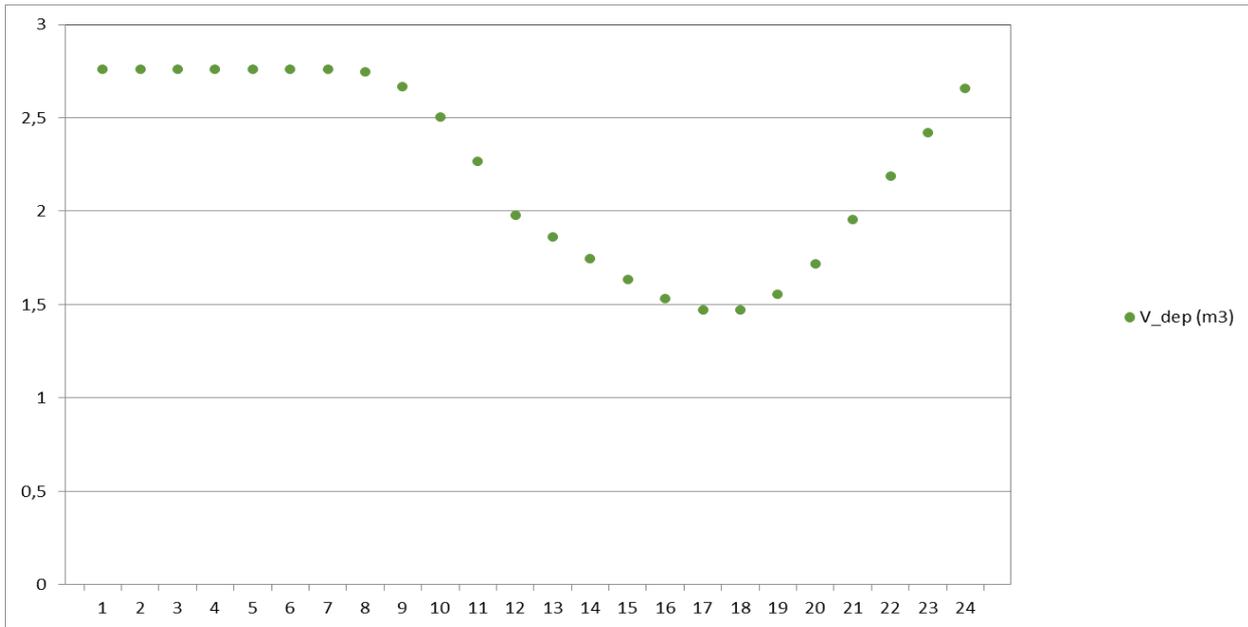


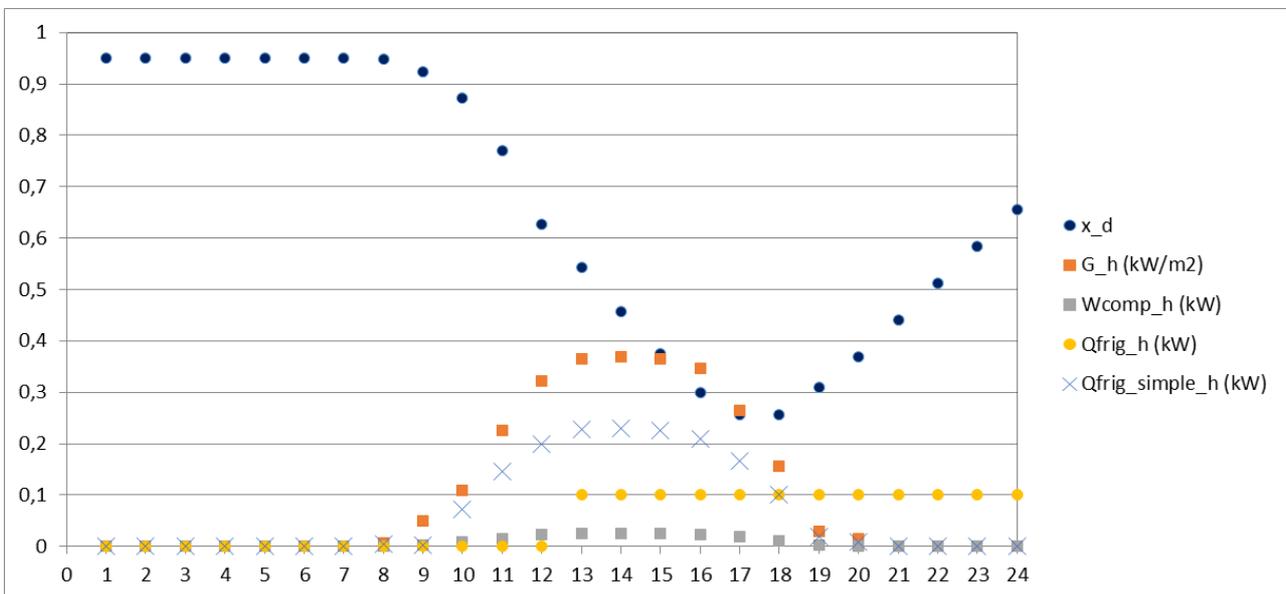
Figura 5-9. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 250\text{ K}$

Para la mínima temperatura de evaporación considerada en este estudio, el depósito sigue siendo capaz de cubrir la demanda todo el tiempo, pues durante las horas de carga y carga parcial se llena lo suficiente, si bien es cierto que al final del día el título del vapor queda próximo al límite de  $x = 0,95$ , con lo cual acabaría aproximadamente en las condiciones en las que comenzó el día. Es menos favorable para el comienzo de su uso al día siguiente pero si las condiciones de radiación no fueran inferiores, podría cubrir de nuevo la demanda frigorífica.

### 5.2.4 Caso 4. Baja Irradiancia y $T_{COND} = 303\text{ K}$

Ahora el estudio que se hará será con las mismas temperaturas que el anterior, pero los niveles de radiación serán inferiores. Podrá apreciarse como, aunque las temperaturas son más favorables que en los casos 1 y 2, la baja potencia que suministra el compresor impedirá el llenado completo del depósito y en consecuencia la capacidad de frío que se podrá obtener no siempre tendrá por qué ser suficiente para cubrir la demanda.

#### 5.2.4.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$



CARGA  
PARCIAL

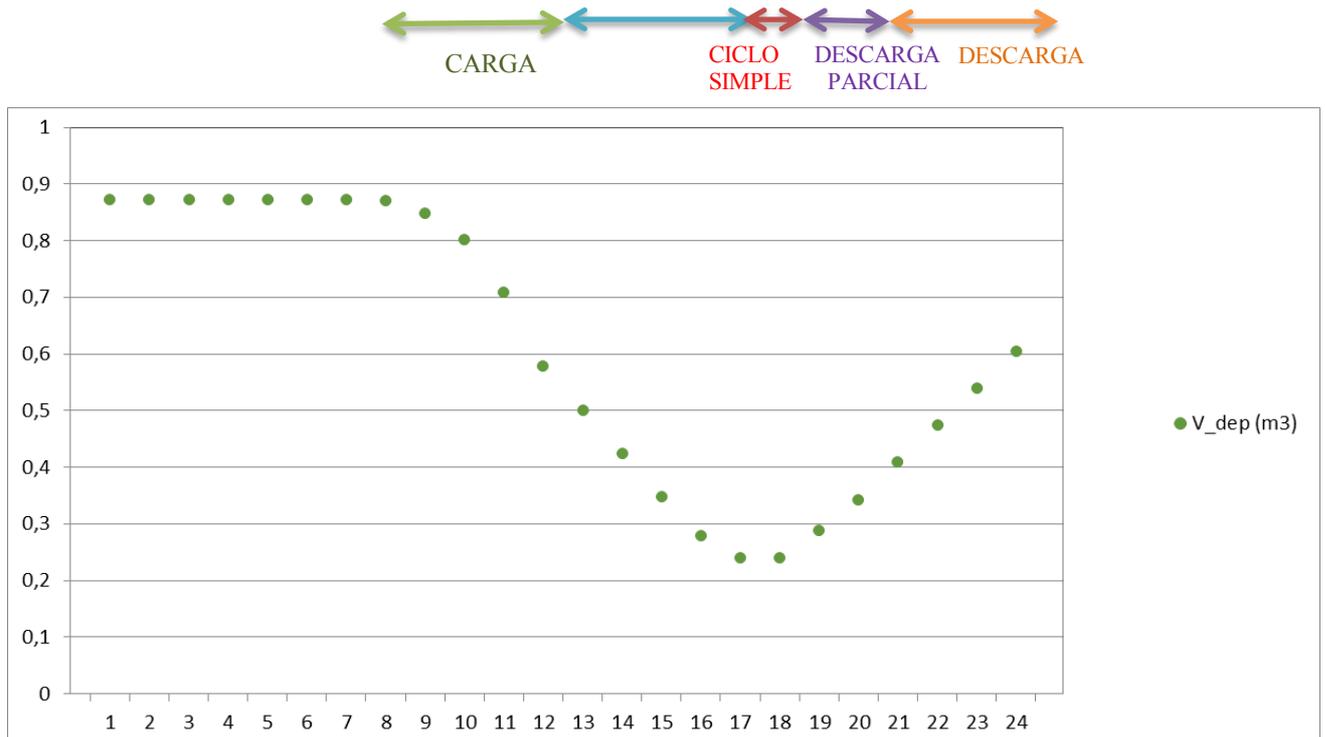
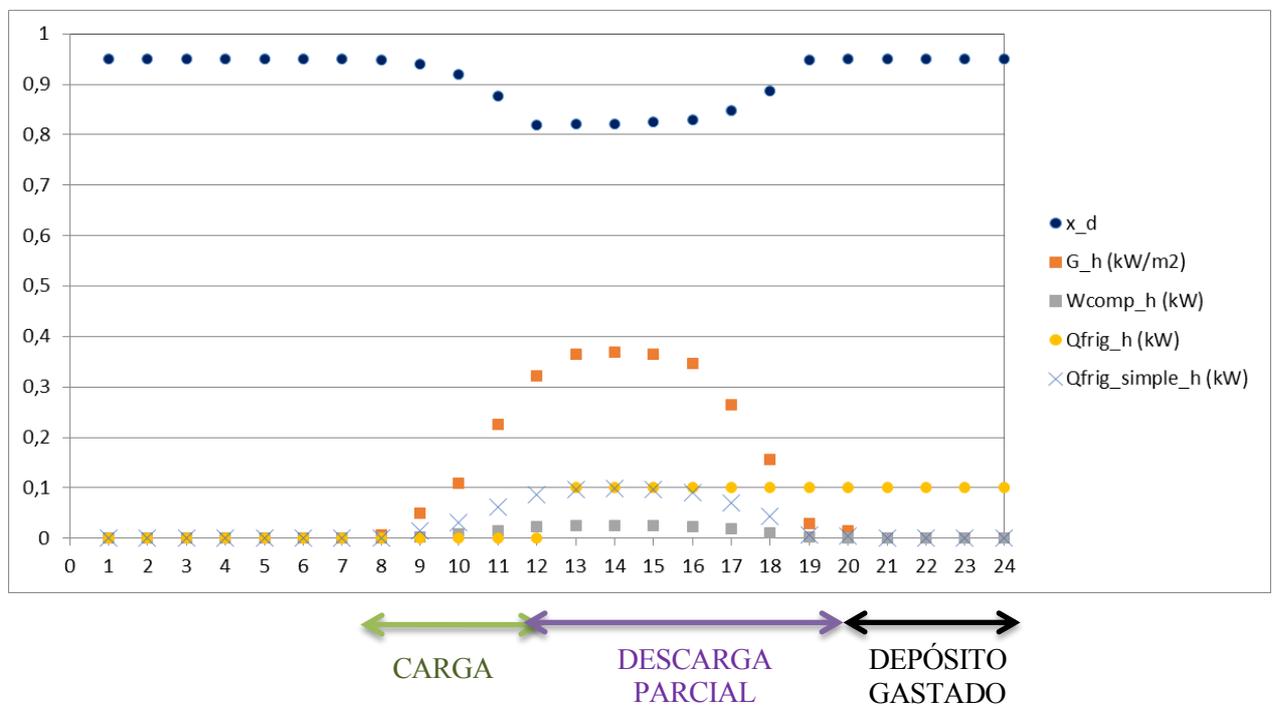


Figura 5-10. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$

Como en esta situación la temperatura de evaporación es de  $283\text{ K}$ , la instalación es capaz de abastecer la demanda en todo momento, incluso acabando el día con un título del vapor en el depósito inferior al límite.

#### 5.2.4.2 Producción a $T_{EVAP} = 263\text{ K}$



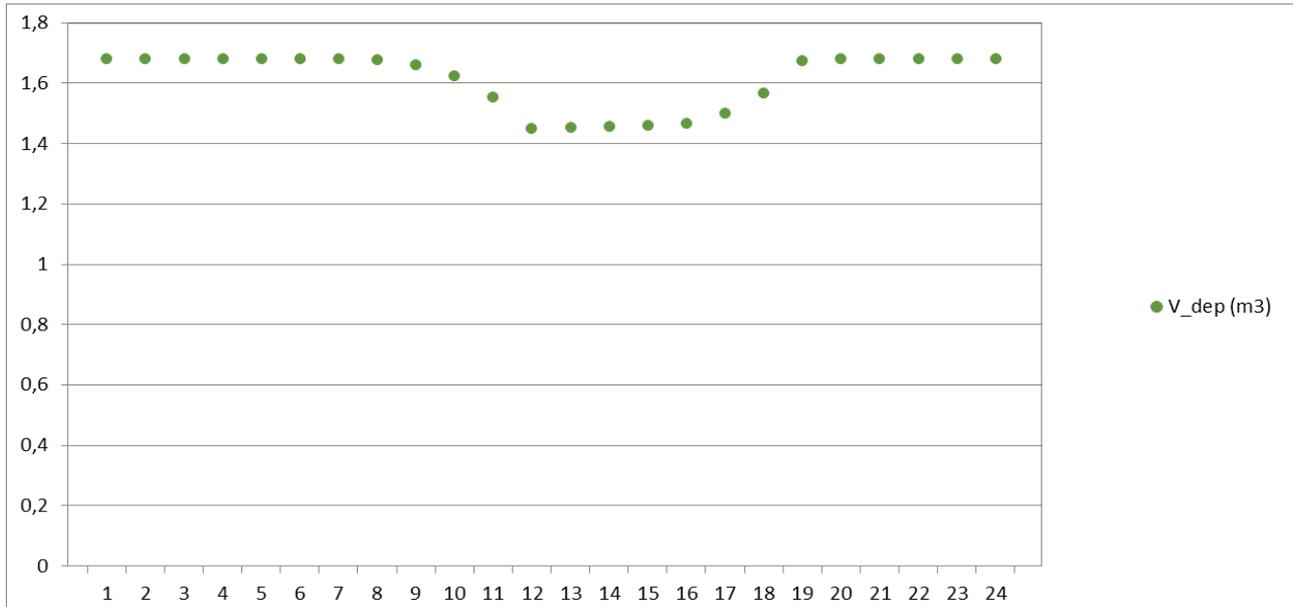
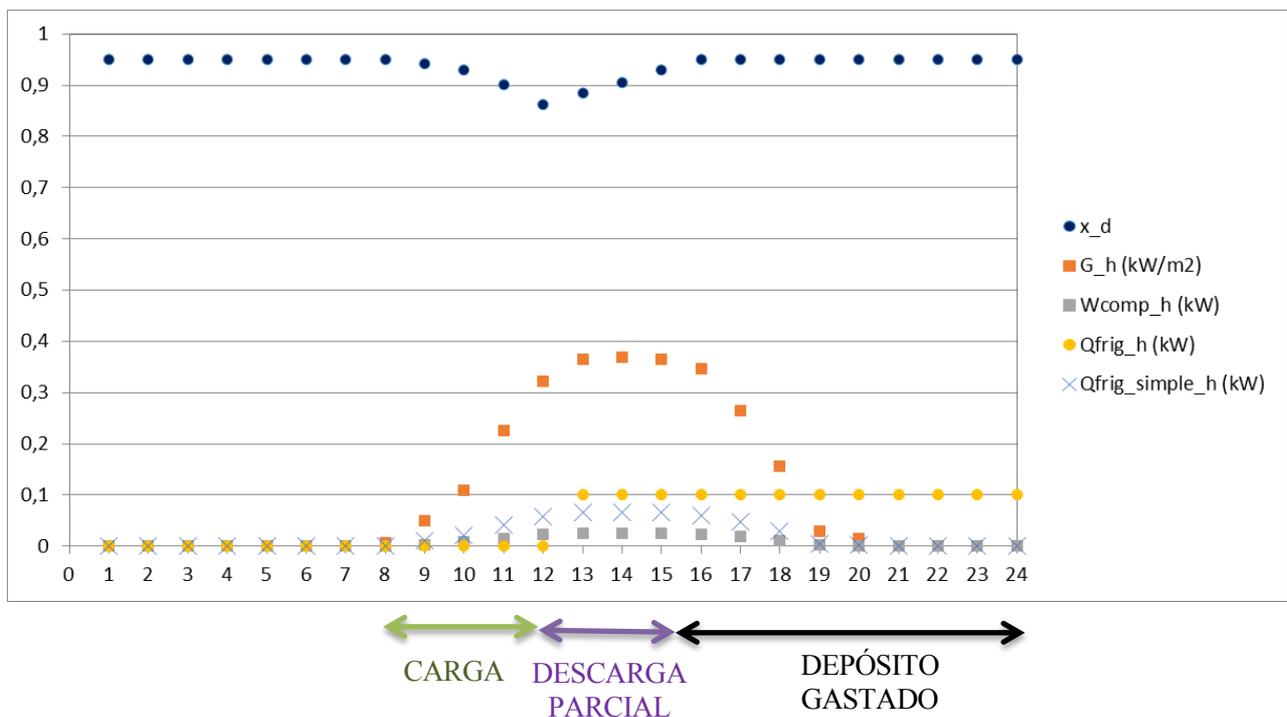


Figura 5-11. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 263\text{ K}$

Conforme las temperaturas van siendo más desfavorables, se ve el peor comportamiento de la instalación. En este caso, aunque podrá aportarse refrigerante suficiente para cubrir la demanda durante unas horas, el depósito acaba por gastarse y durante la noche no hay forma de abastecer la demanda.

### 5.2.4.3 Producción a $T_{EVAP} = 250\text{ K}$



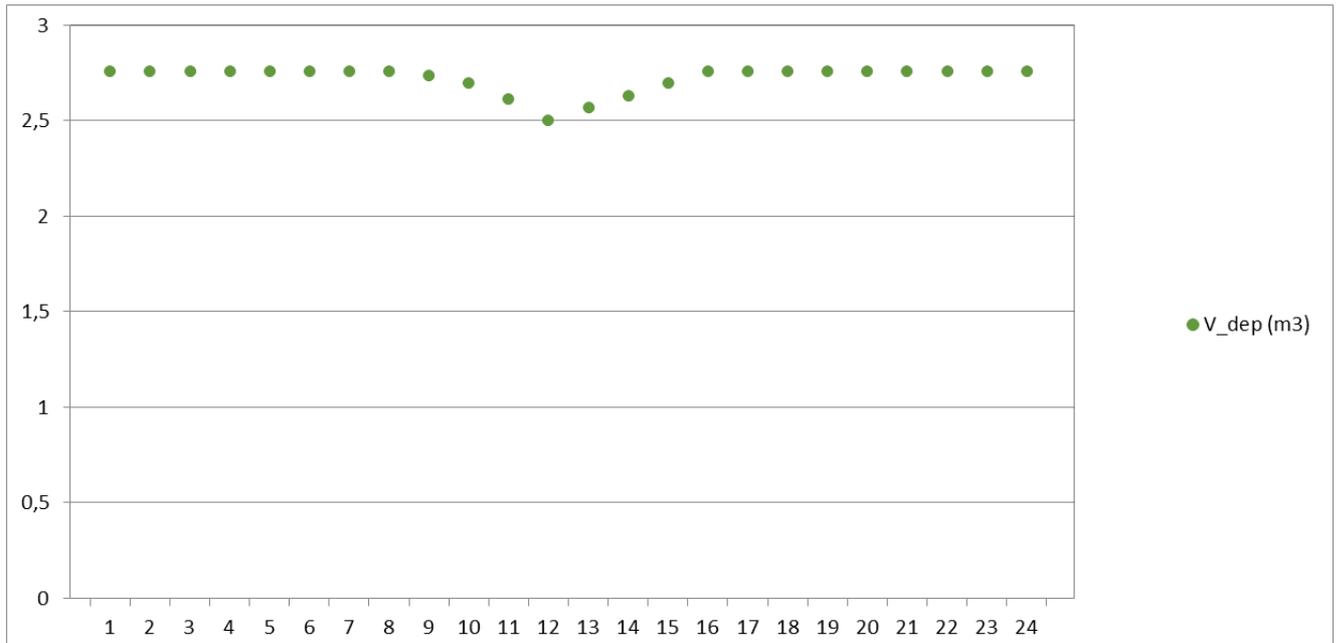


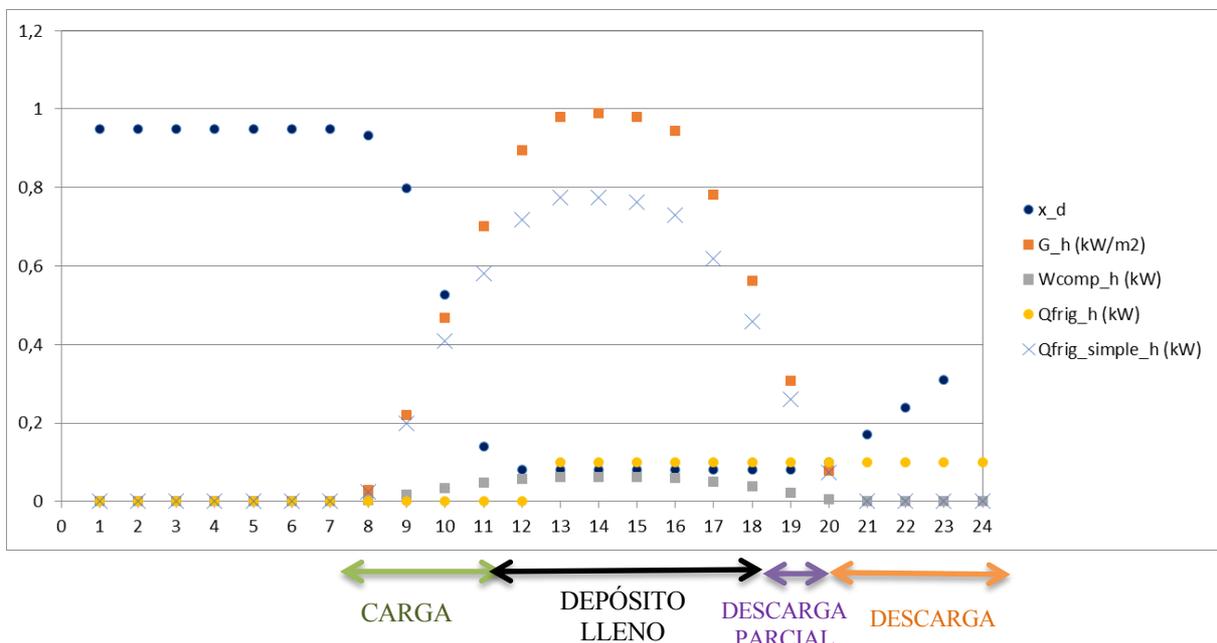
Figura 5-12. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 303\text{ K}$  y  $T_{evap} = 250\text{ K}$

Por último, aquí puede apreciarse cómo el depósito no puede actuar prácticamente para cubrir demanda, pues en cuanto ésta comienza, la radiación no es suficiente y el depósito tiene que descargar lo que hubiese cargado en el tiempo en que no había demanda. Consecuentemente, se gastará a las pocas horas a pesar de que el tamaño con el que se ha dimensionado es elevado.

### 5.2.5 Caso 5. Alta Irradiancia y $T_{COND} = 298\text{ K}$

En cuanto a la temperatura de condensación, este será el caso más favorable para la instalación porque es la circunstancia en que las temperaturas de condensación y evaporación estarán más cerca, lo cual se podrá apreciar en las gráficas que se muestran a continuación.

#### 5.2.5.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$



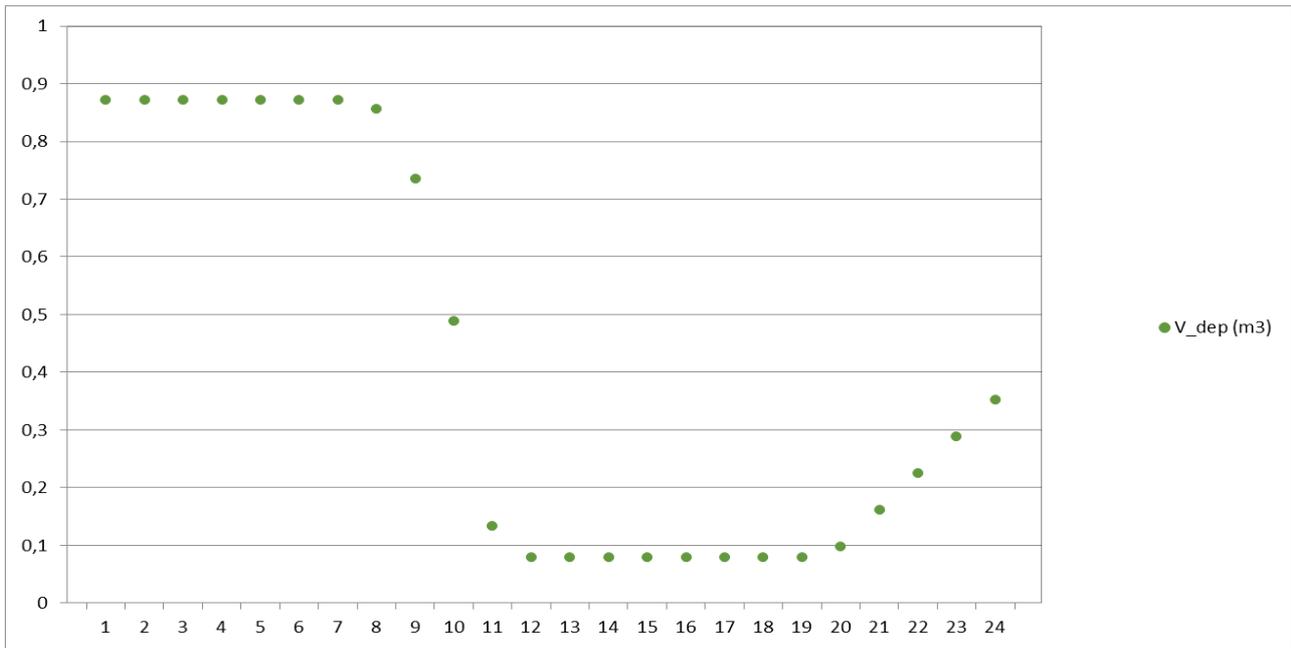
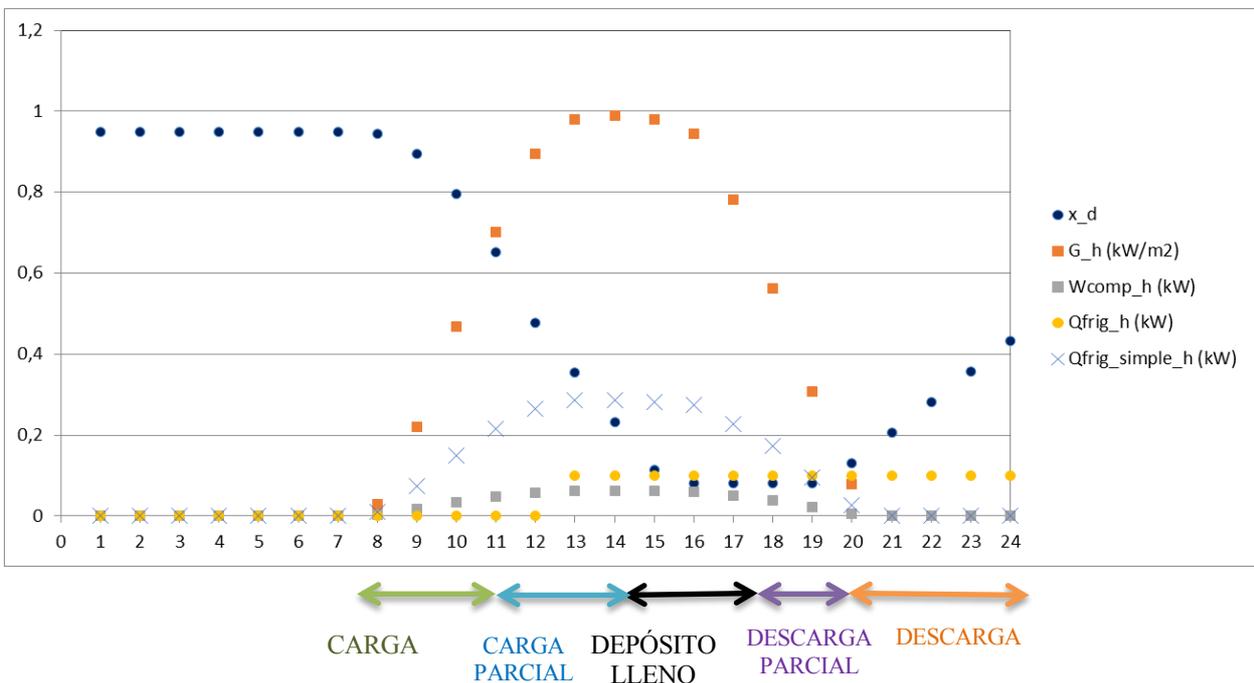


Figura 5-13. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$

Este será el caso en que el sistema de estudio se comporte con mejor cualidades, porque en él las temperaturas de condensación y evaporación están lo más cerca posible dentro de los casos considerados. Como puede observarse, el depósito se llena rápidamente de refrigerante líquido, y además la radiación y el funcionamiento del compresor permitirán cubrir la demanda de frío, apareciendo sólo la necesidad de vaciar el depósito de refrigerante durante una hora en la tarde. Consecuentemente, durante la noche el depósito cubrirá perfectamente la demanda en el evaporador, y el título del vapor en él quedará bajo; es decir, aún mantendrá bastante líquido almacenado, lo cual puede ser muy útil para días posteriores. A esto hay que sumar el hecho de que, como consecuencia, el volumen del depósito será bajo una gran parte del tiempo.

### 5.2.5.2 Producción a $T_{EVAP} = 263\text{ K}$



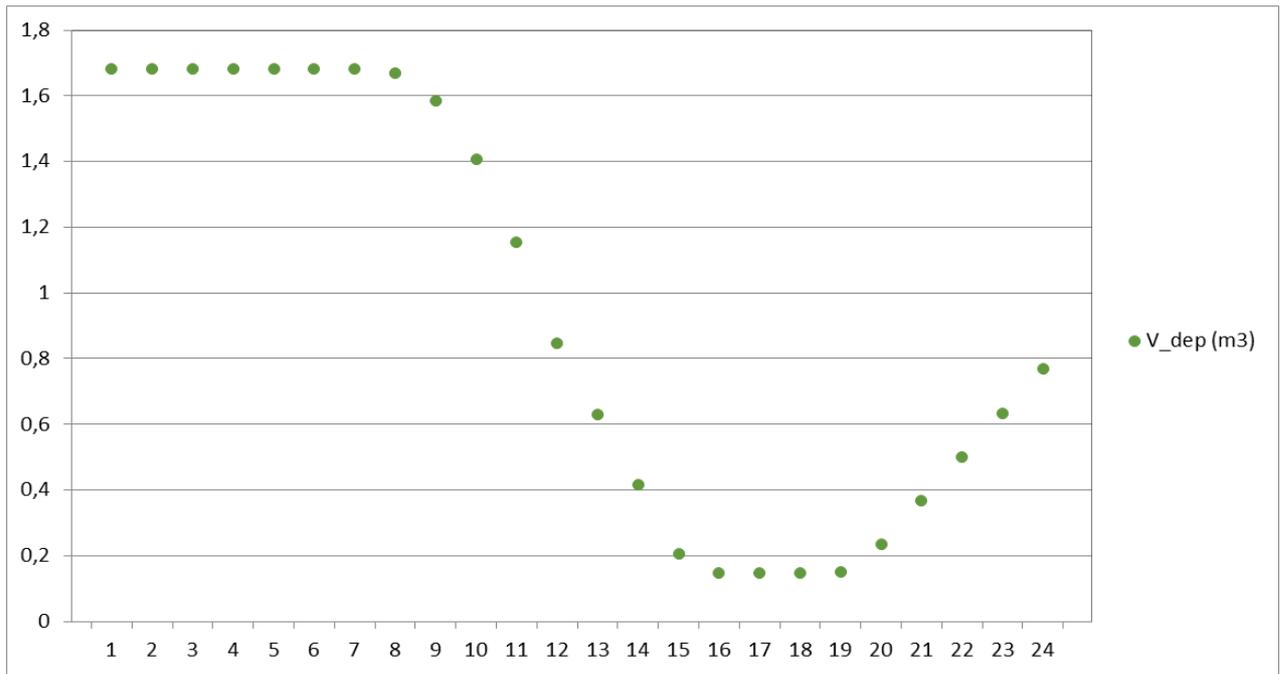
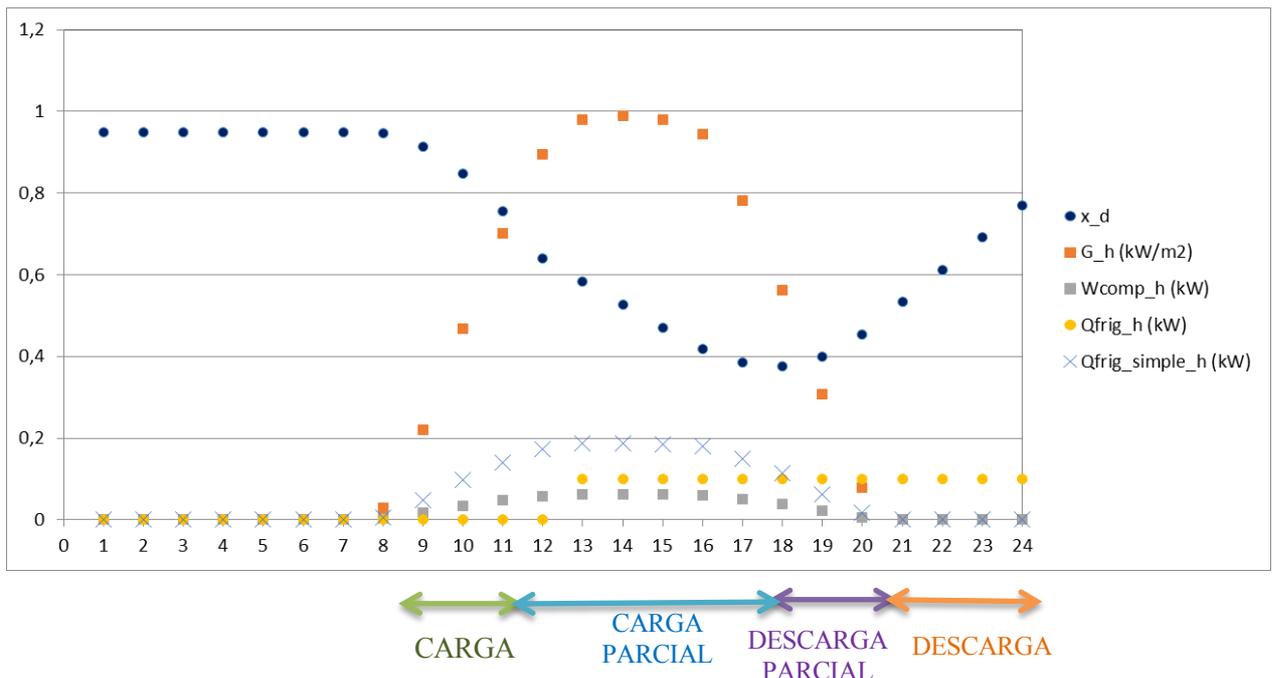


Figura 5-14. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298\text{ K}$  y  $T_{evap} = 263\text{ K}$

En esta ocasión la temperatura del evaporador es menor, con lo cual se ve cómo el sistema sí entra en el estado de carga parcial (cosa que en el caso anterior no sucedía), ya que no se consigue cubrir toda la demanda sólo con el compresor. No obstante, el depósito se llena y se mantiene lleno durante unas horas, y aunque es menos que en el caso anterior, hay que tener en cuenta que en este el volumen inicial es casi el doble. Igualmente cubre sin problemas la demanda nocturna, aunque esta vez el título del vapor queda ligeramente por encima al caso anterior.

### 5.2.5.3 Producción a $T_{EVAP} = 250\text{ K}$



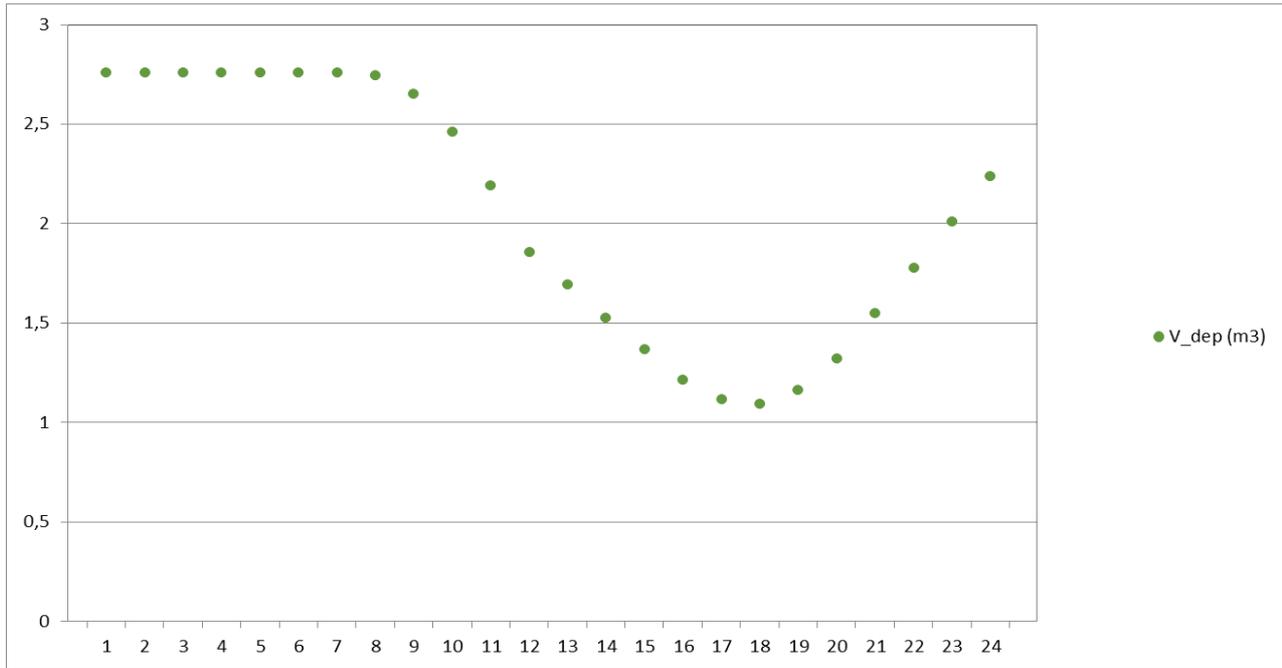


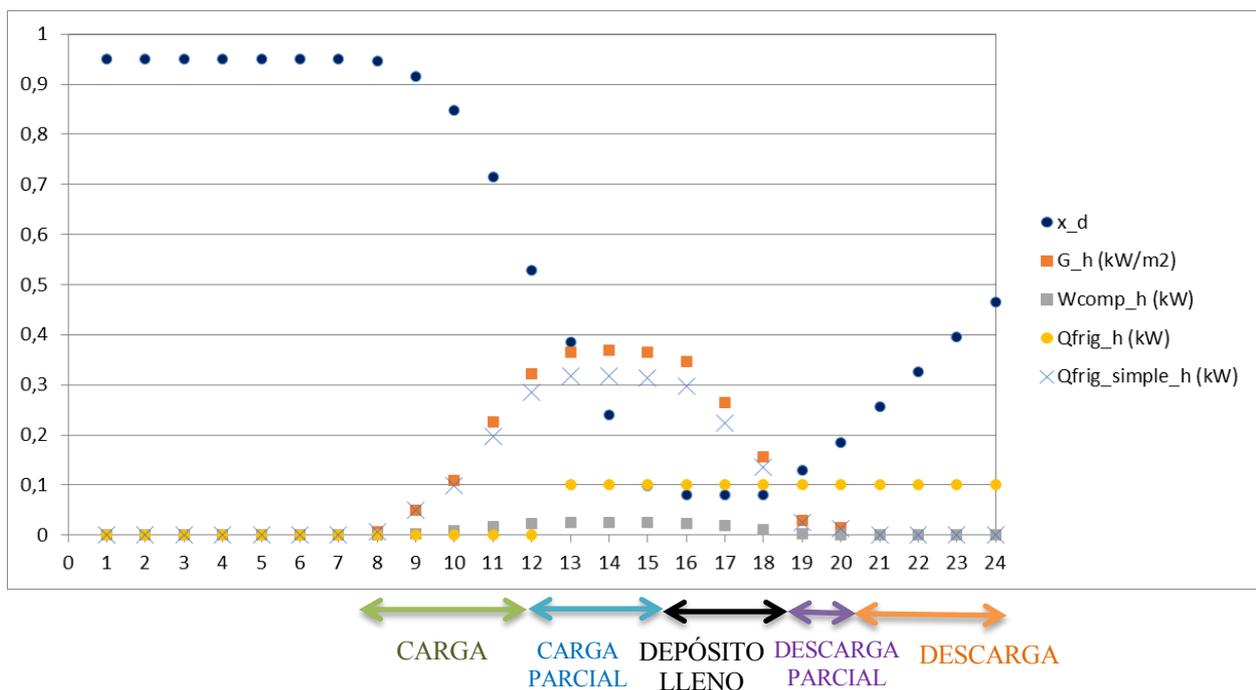
Figura 5-15. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298\text{ K}$  y  $T_{evap} = 250\text{ K}$

Por último, aun siendo la temperatura de evaporación en esta ocasión la más baja, la instalación también consigue aportar toda la demanda que se tiene, aunque es cierto que el depósito no llega a estar totalmente lleno de líquido en ningún momento, y que el título del vapor que queda al final del día ya sí es más próximo a 1.

### 5.2.6 Caso 6. Baja Irradiancia y $T_{COND} = 298\text{ K}$

En el Caso 6 se tendrá una irradiancia menor que en el anterior, y se puede observar muy bien la alta importancia que tiene la temperatura que se necesite en el evaporador.

#### 5.2.6.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$



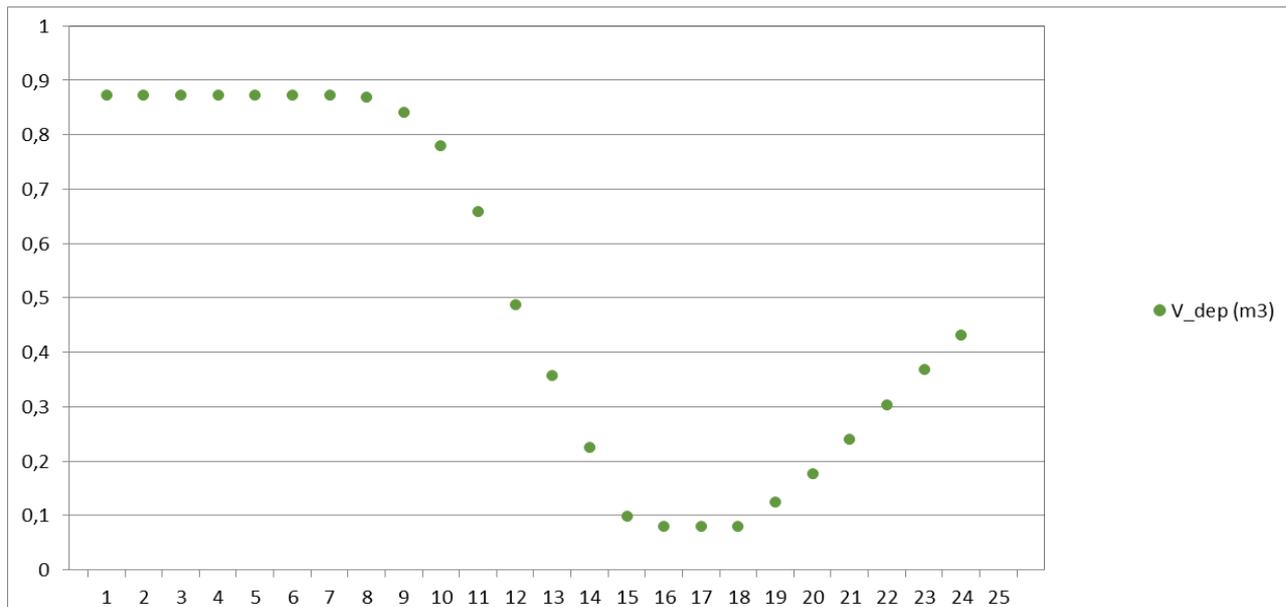
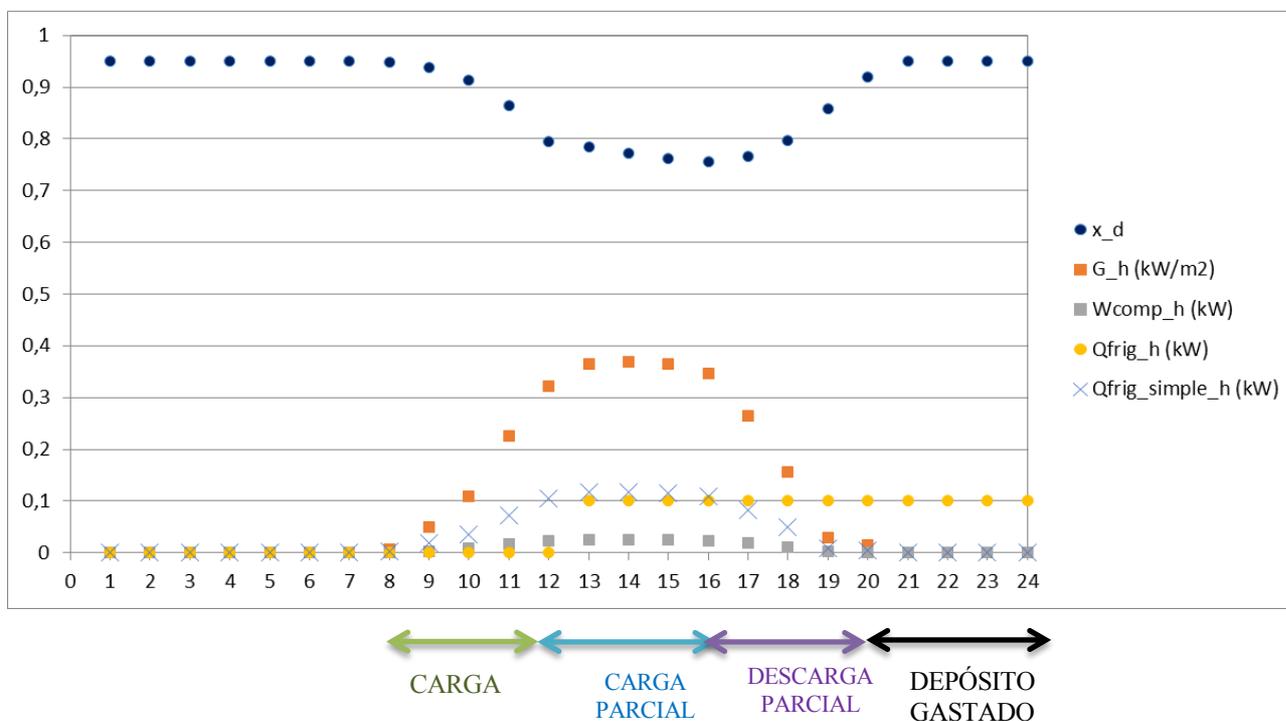


Figura 5-16. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298\text{ K}$  y  $T_{evap} = 283\text{ K}$

Por ejemplo, en este caso, a pesar de que la radiación es baja, se consigue no sólo cubrir toda la demanda sino que además hay unas horas en que el depósito está al máximo de su capacidad de refrigerante. Esto no llegaba a suceder en los otros casos de estudio en que la radiación también era baja, de hecho cuando la temperatura del condensador era de  $313\text{ K}$ , al final de la noche el depósito se vaciaba completamente y la instalación tenía que dejar de funcionar.

### 5.2.6.2 Producción a $T_{EVAP} = 263\text{ K}$



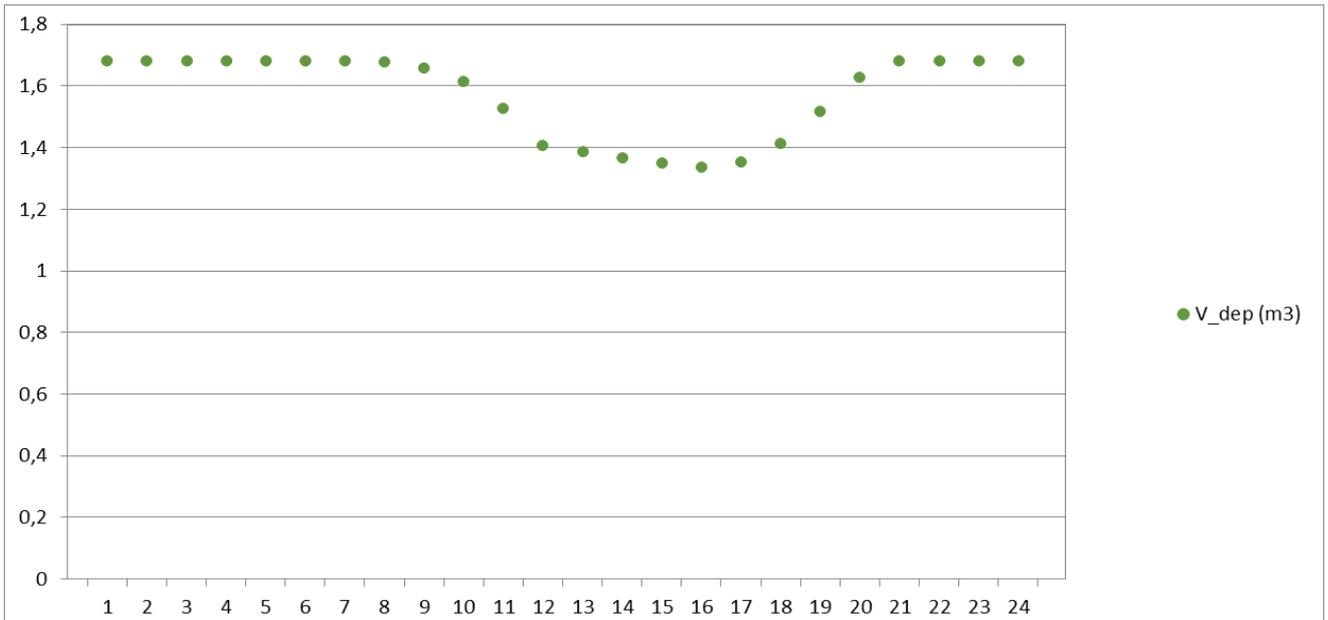
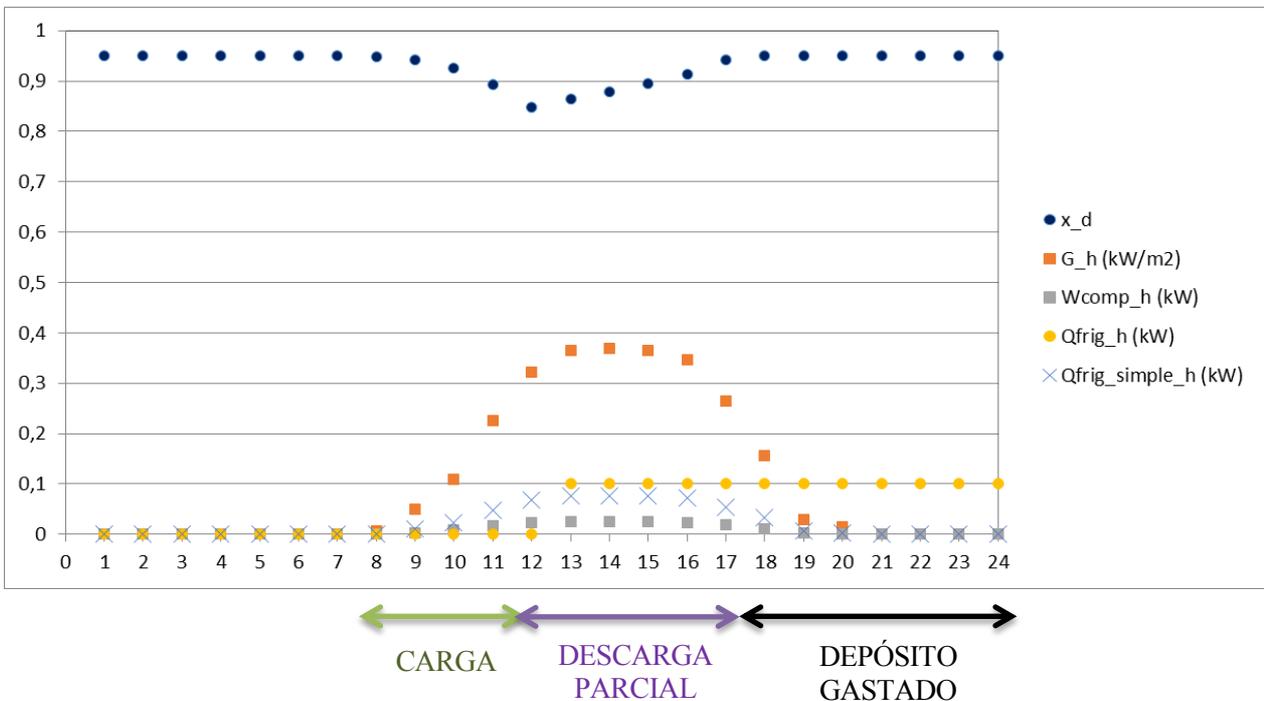


Figura 5-17. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298\text{ K}$  y  $T_{evap} = 263\text{ K}$

Ahora ya el funcionamiento no será tan bueno y efectivamente volverá a suceder que durante la descarga parcial el depósito se vaciará y por la noche quedará inutilizable, pero es capaz de suministrar al completo la demanda durante unas horas. Como es previsible, el volumen variará poco.

### 5.2.6.3 Producción a $T_{EVAP} = 250\text{ K}$



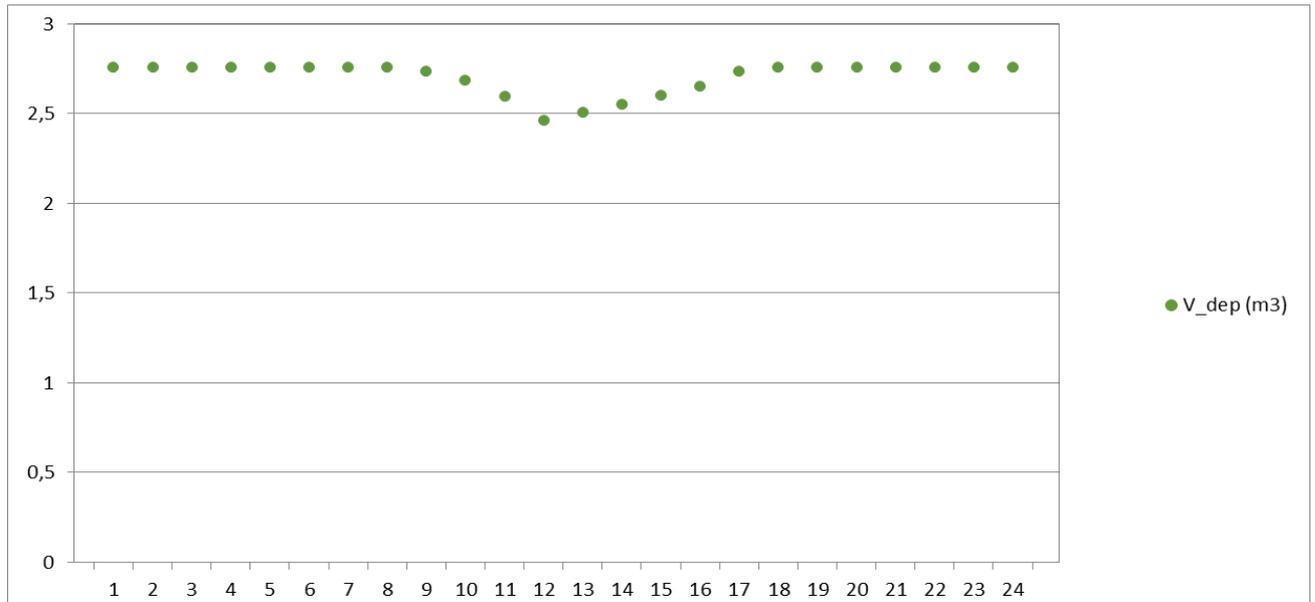


Figura 5-18. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298 \text{ K}$  y  $T_{evap} = 283 \text{ K}$

En este caso ocurre algo similar a lo que sucedía para temperaturas de condensación más altas cuando la temperatura de evaporación era menos desfavorable. Es decir, al final también sucede que la radiación deja de aportar suficiente en cada instante para cubrir la demanda del momento y por ello el depósito tiene que descargarse en cuanto comienza a haber requerimiento de frío, con lo que se gastará y dejará de poder abastecer.

En conclusión, para esta temperatura del condensador, la instalación consigue cubrir los requerimientos para casi todas las ocasiones, pero en condiciones más extremas también sucede que la parte solar deja de ser lo suficientemente grande, pues como se ve en la Figura 5-18. Parámetros de estudio para  $T_{cond} = 298 \text{ K}$  y  $T_{evap} = 283 \text{ K}$  no se trata de que al depósito le falte capacidad sino de que no llega a llenarse lo suficiente durante las horas de carga.

### 5.2.7 Conclusiones

La primera conclusión y la más evidente que se extrae al ver las gráficas para las distintas condiciones de operación es la que ya era conocida, y es que cuanto más próximas estén las temperaturas de evaporación y condensación en un ciclo de refrigeración, mejor será su comportamiento.

Por otra parte, puede apreciarse en qué casos resulta más útil el uso de este tipo de instalación y en qué casos el hecho de poner un depósito tiene un impacto prácticamente nulo si no se varía el tamaño del campo solar.

Cuando la temperatura de evaporación es muy baja, es poco frecuente que la instalación sea capaz de cubrir toda la demanda incluso en las horas en que no hay radiación, especialmente cuando la radiación ha tenido valores bajos y el depósito se ha llenado poco.

También hay otras situaciones, cuando la temperatura de condensación no es muy alta ni la de evaporación muy baja, en que la instalación cubre perfectamente la demanda aunque el depósito no haya llegado a llenarse completamente durante las horas de carga, con lo cual el dimensionado del depósito y del campo solar sería el idóneo para dichas condiciones.

En los casos más favorables, en los que o bien hay mucha radiación o bien las temperaturas de evaporación y condensación son próximas, se observa que el depósito llega incluso a llenarse, con lo que hay energía solar que podría estar aprovechándose si la capacidad del mismo fuera mayor. También se podría en su lugar instalar un campo solar o un depósito más pequeños. Estos climas o estas condiciones se prestan a utilizar este tipo de instalación en casos de demanda mayor, aumentando su tamaño por supuesto, pues serían capaces de abastecerla.

Tras haber analizado todo lo demás, es necesario destacar los volúmenes considerados para el depósito. Como se dijo en la Sección Volumen del depósito 4.2.5, el volumen del depósito se calcula tal que asegure que una vez lleno es capaz de cubrir la demanda frigorífica de estudio, considerando el caso más desfavorable, que es cuando está totalmente lleno de refrigerante en estado gaseoso. Como es previsible, cuanto menor es la temperatura del evaporador, mayor ha de ser el tamaño del depósito. Así, los volúmenes máximos oscilan entre aproximadamente 1 y 3 m<sup>3</sup>. Se puede ver cómo el volumen del depósito disminuye al tiempo que lo hace el título del vapor, debido a la diferencia de volumen específico entre el estado líquido y gaseoso del R-717. No obstante, el volumen que es mayor objeto de interés será el máximo ya comentado, que es para el cual habría que dimensionar el depósito.

Los casos en los que la instalación es capaz de cubrir a lo largo de todo el día la demanda definida se mostrarán a continuación.

- ALTA RADIACIÓN

	Tevap		
Tcond	283 K	263 K	250 K
313 K	Sí	Sí	No
303 K	Sí	Sí	Sí
298 K	Sí	Sí	Sí

Tabla 5-2. Cumplimiento total de la demanda para alta radiación

- BAJA RADIACIÓN

	Tevap		
Tcond	283 K	263 K	250 K
313 K	No	No	No
303 K	Sí	No	No
298 K	Sí	No	No

Tabla 5-3. Cumplimiento total de la demanda para baja radiación

Consecuentemente, se aprecia que esta instalación es capaz de abastecer casi completamente la demanda cuando la radiación sea alta, lo que la hace muy adecuada para localizaciones donde la irradiancia por unidad de superficie sea elevada.

Si se deseara trabajar con temperaturas de 250 K habría que aumentar ligeramente el tamaño del campo solar, y la demanda quedaría cubierta en todos los casos.

### 5.3 Tres días seguidos

En este caso el estudio se hará considerando una sucesión de tres días con distintos niveles de radiación. Se comparará la evolución del título del vapor y del volumen del depósito variando las condiciones iniciales de carga, esto es, se estudiará cuando el depósito comienza con un título del vapor de  $x = 0,95$  (prácticamente lleno de vapor) y con un título de  $x = 0,3$  (con una cantidad considerable de líquido). Igualmente, se analizará la capacidad de respuesta de la instalación ante la demanda ya definida.

El volumen inicial de depósito que se considerará para cada caso de estudio será el calculado para una radiación alta.

La curva de radiación variará a lo largo de las horas de la siguiente manera:

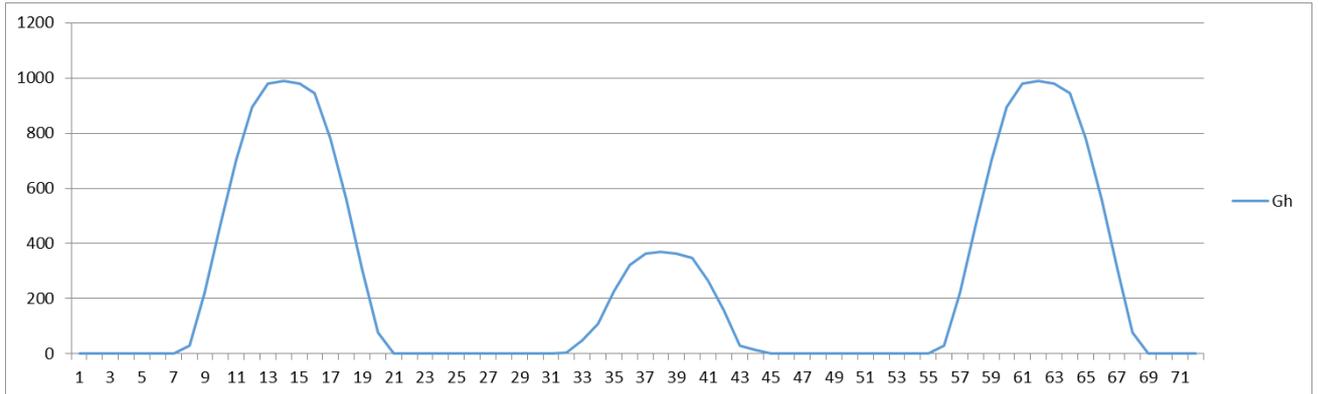


Figura 5-19. Radiación para el estudio de 3 días

Con respecto a la nomenclatura que se va a emplear en las próximas figuras:

- $x_{dep}(0,95)$ : título del vapor medio horario cuando el depósito comienza con un título de 0,95
- $x_{dep}(0,3)$ : título del vapor medio horario cuando el depósito comienza con un título de 0,3
- $v_{dep}(x=0,95)$ : volumen medio horario cuando el depósito comienza con un título de 0,95
- $v_{dep}(x=0,3)$ : volumen medio horario cuando el depósito comienza con un título de 0,3
- 1, 2, 3, 5: representan los distintos modos de funcionamiento en los que está la instalación, tal y como se explicó en el capítulo 4.2.2
- LL: estado en que el depósito se encuentra completamente lleno de refrigerante líquido
- V: estado en que el depósito se encuentra “vacío”, es decir, lleno de refrigerante en estado vapor

### 5.3.1 $T_{COND} = 313 \text{ K}$

#### 5.3.1.1 Producción a $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

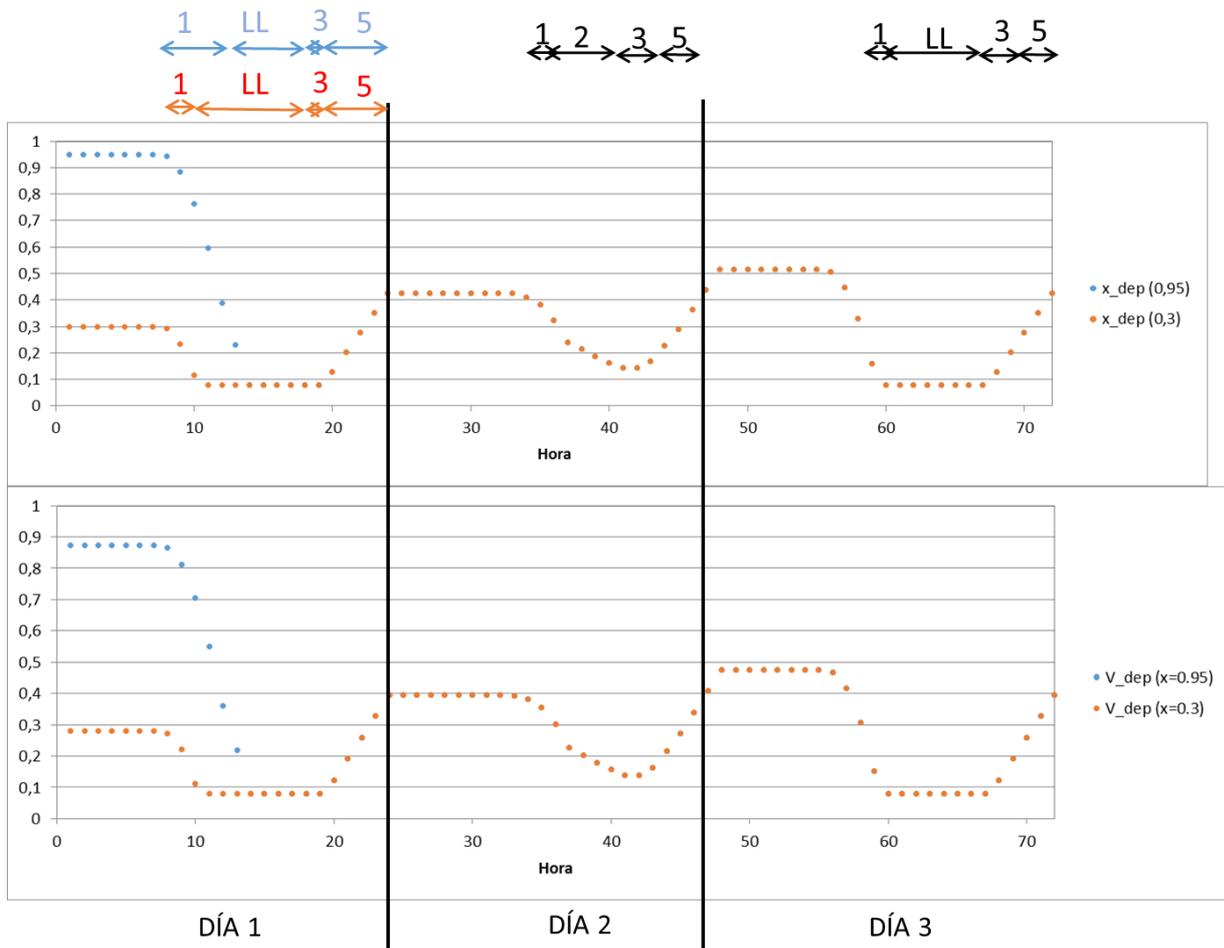


Figura 5-20. Estado del depósito para  $T_{COND} = 313 \text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

En la Figura 5-20. Estado del depósito para  $T_{COND} = 313 \text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$  se aprecia cómo la radiación en el Día 1 es tal que el depósito llega a cargarse completamente independientemente de con cuál de los dos títulos del vapor comience, y a partir de ahí el comportamiento de la instalación será el mismo. Se puede observar cómo en esta circunstancia el sistema es capaz de cubrir siempre la demanda, aprovechando que el título del vapor del depósito al final del Día 1 es bastante inferior a 1. Si se compara con el caso estudiado anteriormente de estas mismas temperaturas pero cuando el título del vapor empezaba en 0,95 para un día de baja radiación, se ve que en aquel día aislado la instalación no conseguía cubrir toda la demanda de frío, mientras que en este caso sí. Esto es indicativo de que, si bien el estudio de días aislados permitía tener una visión general del sistema, para conocer si es útil en circunstancias determinadas, un estudio más exhaustivo de varios días podría hacer que una aplicación que a priori se ha descartado se tuviera en consideración, si las condiciones de radiación son favorables a ello.

Lo que sí está claro es que, como para el estudio en días individuales se tomó un título inicial del vapor de 0,95 (las condiciones de partida más desfavorables), si en esos casos el depósito conseguía suplir la demanda, lo conseguirá empiece en el estado de carga que empiece.

Es digno de mencionar también que, como puede observarse, si bien en el caso de que el tanque comenzase con un título del vapor de 0,95 el volumen inicial debería ser el calculado en la Sección 4.2.5, si el título del vapor comenzara en 0,3, no sería necesario que el tanque tuviera una capacidad tan grande pues según la tendencia de las curvas se ve que se quedaría aproximadamente en la mitad.

### 5.3.1.2 Producción a $T_{EVAP} = 263\text{ K}$

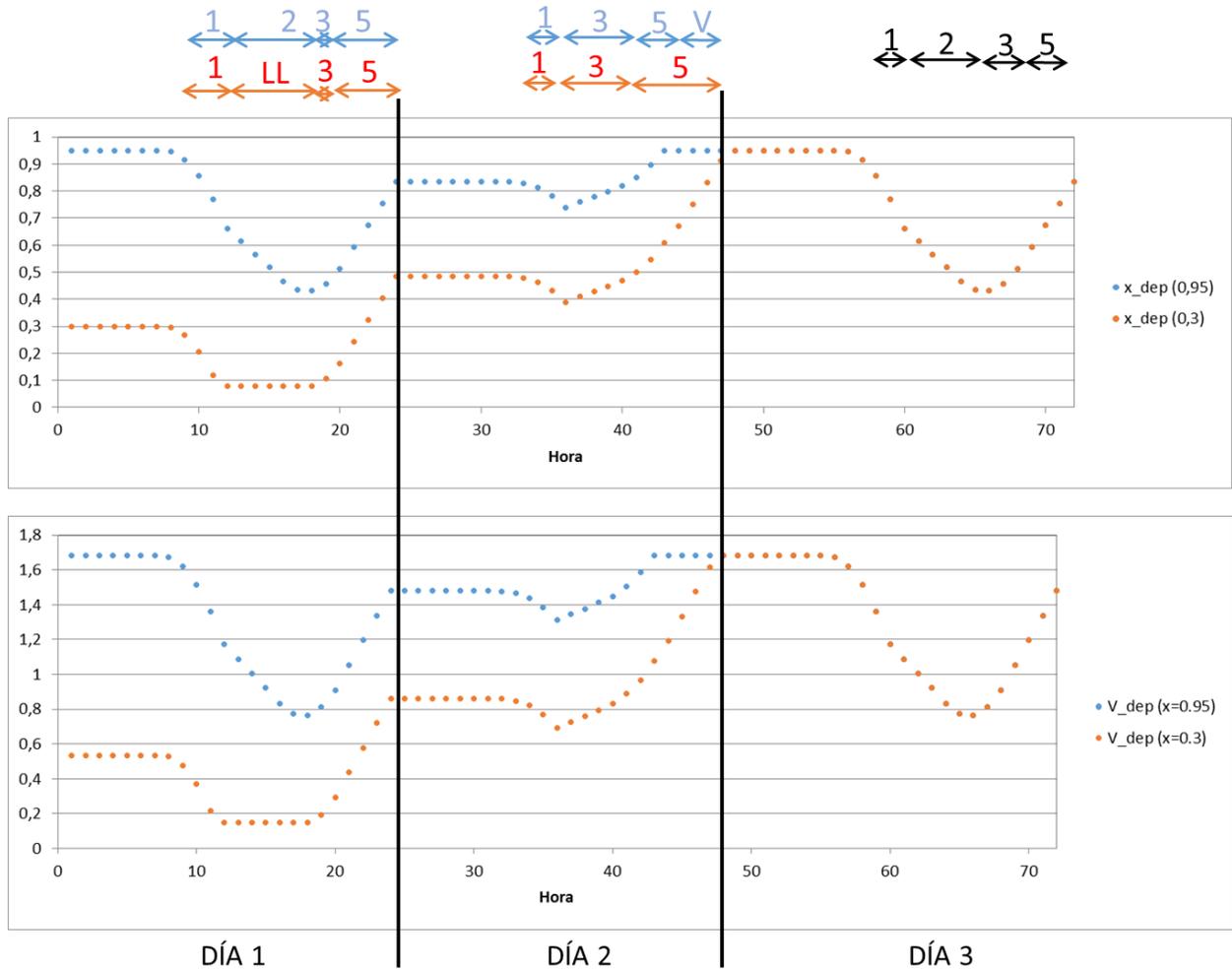
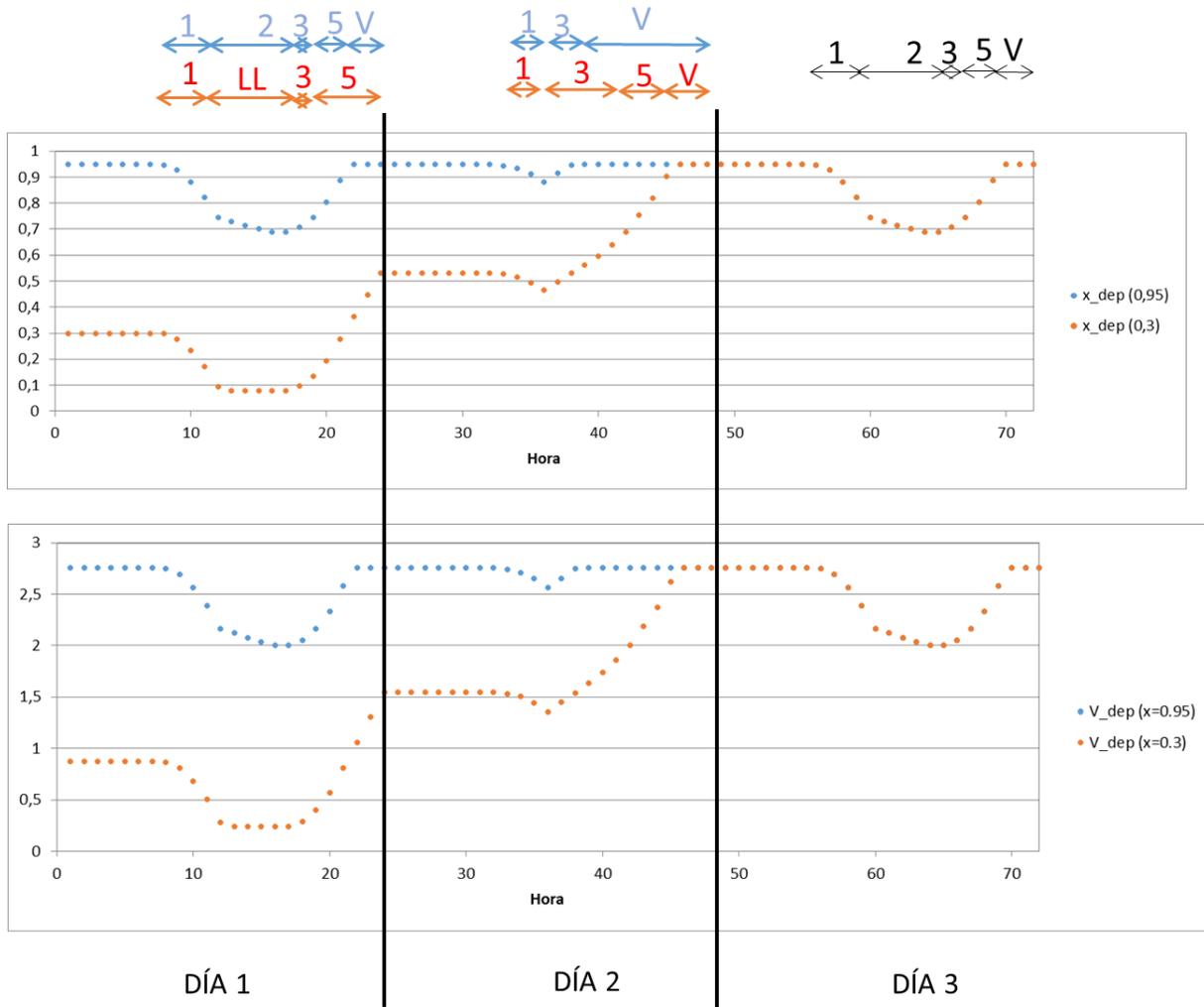


Figura 5-21. Estado del depósito para  $T_{COND} = 313\text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 263\text{ K}$

Para estas temperaturas, el título del vapor y el volumen tardan más en igualarse que en el caso anterior. Como estas son condiciones más desfavorables, cuando el depósito comienza con un título de 0,3, en el Día 1 consigue llenarse completamente, mientras que si comienza con el título de 0,95 no lo logra, si bien sí que aporta refrigerante para toda la demanda. Las curvas en el Día 2 tienen la misma forma porque el comportamiento es el mismo: en ambos casos el depósito no se llena demasiado durante la carga debido a la baja radiación y al rendimiento del sistema, y aunque en un caso llegue al título máximo antes que en el otro, finalmente durante la descarga nocturna ambos sistemas igualarían su título del vapor, a partir de lo cual se comportarían igual.

5.3.1.3 Producción a  $T_{EVAP} = 250\text{ K}$ Figura 5-22. Estado del depósito para  $T_{COND} = 313\text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 250\text{ K}$ 

La tendencia que se observa en este caso es aproximadamente la misma que en el caso anterior. Lógicamente, en cuanto el depósito llega a estar totalmente lleno de refrigerante gaseoso, se comportará exactamente igual que como se explicó en la Sección 5.2. Es notable cómo el hecho de que el depósito inicie su funcionamiento con un título del vapor bajo permite que en el Día 2, de baja radiación, consiga cubrir mucha más demanda que si comenzó casi vacío.

### 5.3.2 $T_{COND} = 303\text{ K}$

#### 5.3.2.1 Producción a $T_{EVAP} = 283\text{ K}$

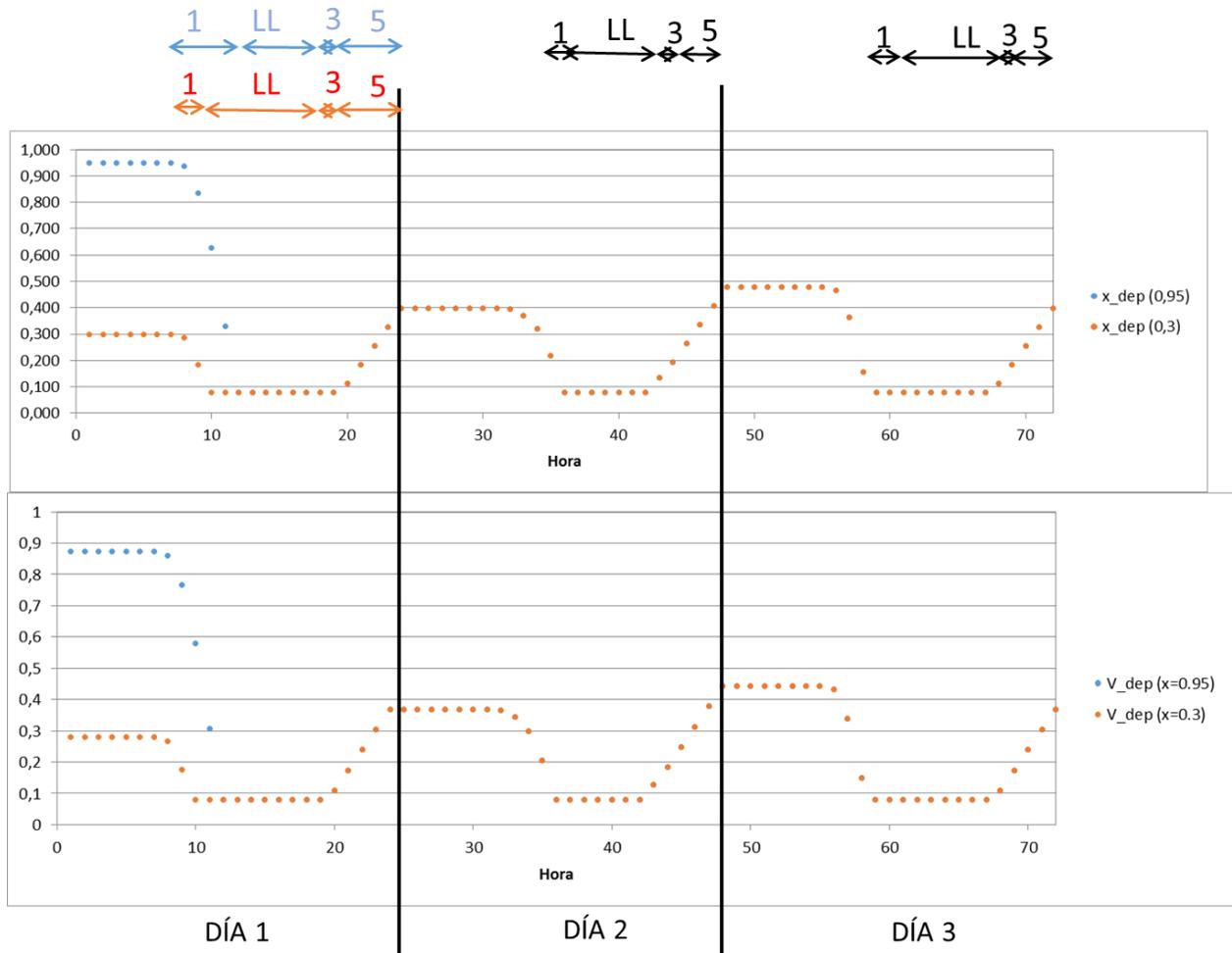
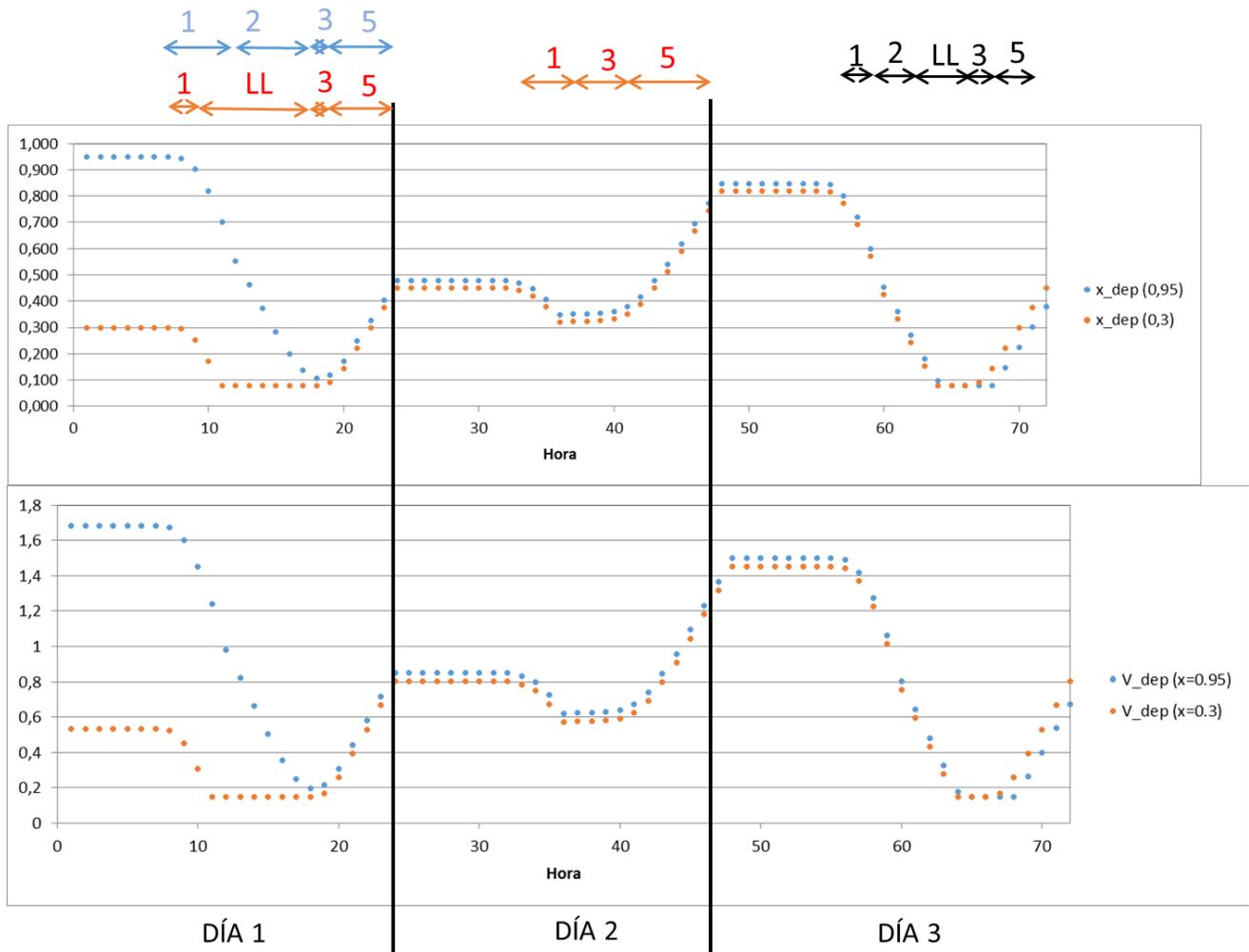


Figura 5-23. Estado del depósito para  $T_{COND} = 303\text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 283\text{ K}$

De nuevo se puede ver cómo cuando se tienen temperaturas de condensación más bajas, la instalación funciona mejor, siendo prácticamente indiferente cuáles sean las condiciones iniciales del depósito para su comportamiento posterior.

5.3.2.2 Producción a  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$ Figura 5-24. Estado del depósito para  $T_{COND} = 303 \text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$ 

Para esta temperatura de evaporación, aunque el depósito tarda algo más que en la anterior en llenarse completamente de refrigerante líquido, también consigue hacerlo en el Día 1, lo que le permite funcionar el resto de los días sin problemas para aportar la energía necesaria, oscilando en la totalidad del volumen definido..

### 5.3.2.3 Producción a $T_{EVAP} = 250\text{ K}$

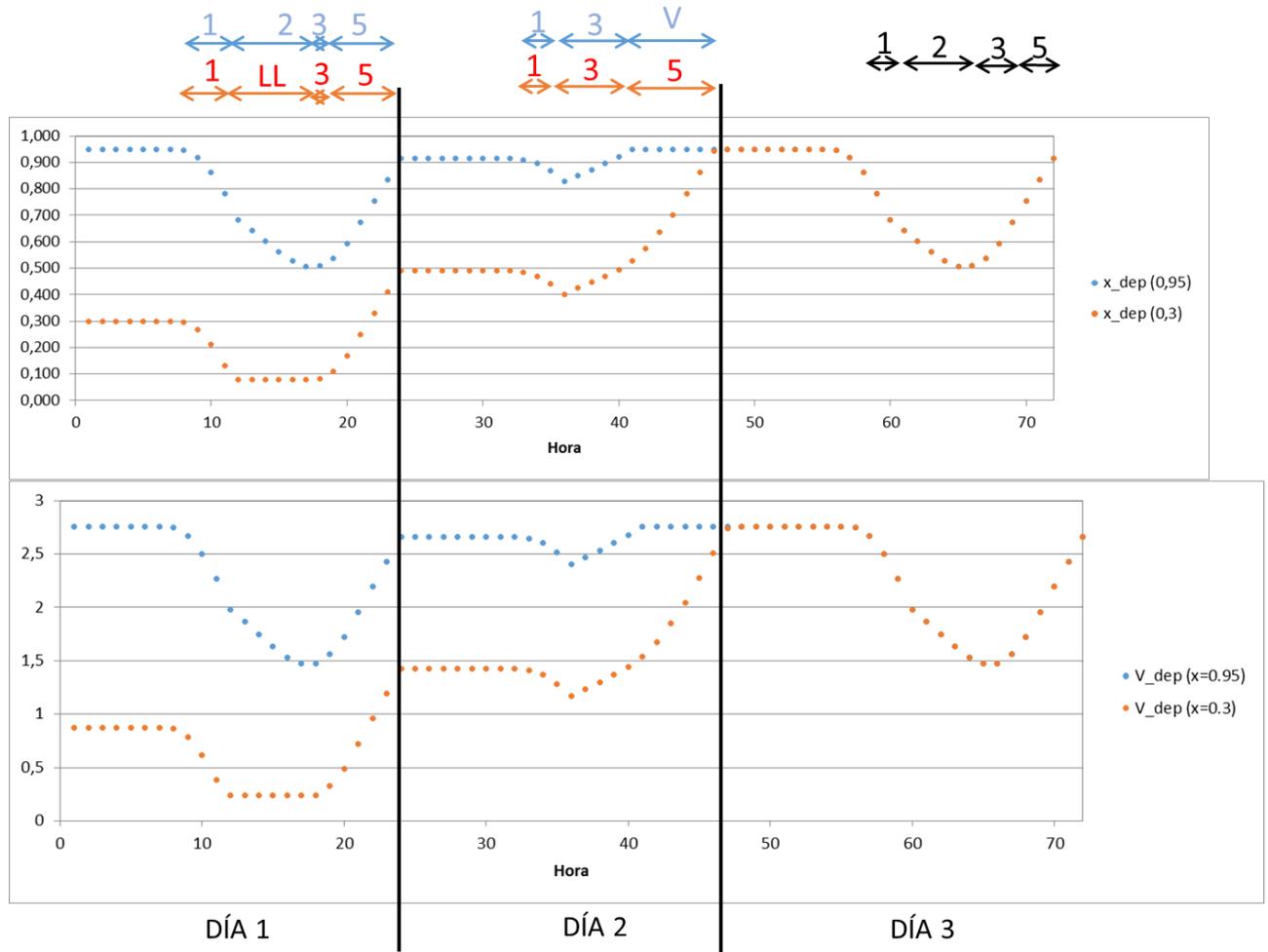


Figura 5-25. Estado del depósito para  $T_{COND} = 303\text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 250\text{ K}$

En este caso menos favorable, en el que la temperatura de evaporación es de 250 K, se vuelve a percibir cómo aunque en el Día 1, con radiación alta, la instalación cumple bien su función, al pasar por un día de baja radiación no consigue abastecer al evaporador si el depósito comenzó vacío. Sin embargo, se observa que si el depósito comenzó lleno de líquido, incluso en esta ocasión logra funcionar sin problema.

5.3.3  $T_{COND} = 298 \text{ K}$

5.3.3.1 Producción a  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

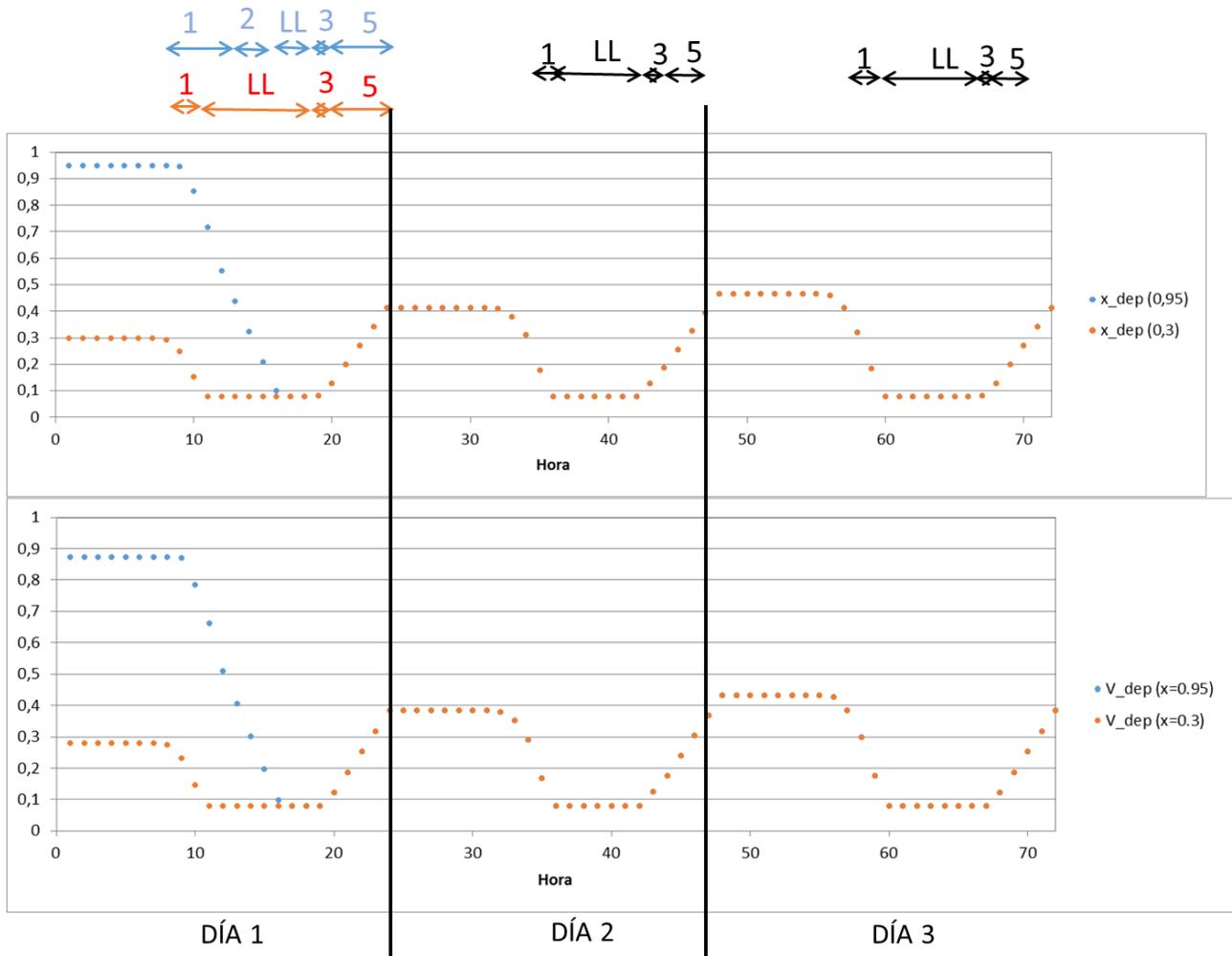


Figura 5-26. Estado del depósito para  $T_{COND} = 298 \text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

### 5.3.3.2 Producción a $T_{EVAP} = 263\text{ K}$

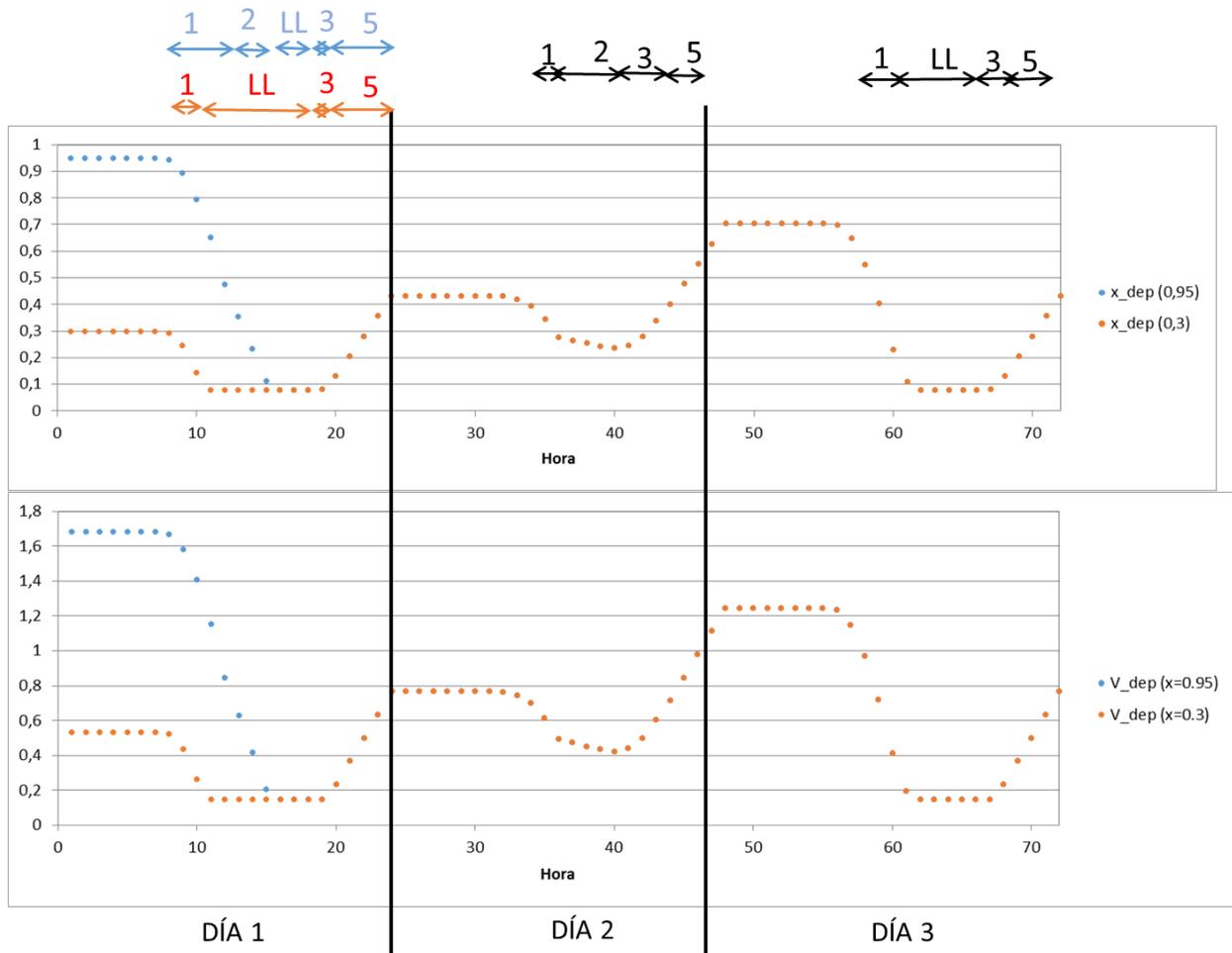


Figura 5-27. Estado del depósito para  $T_{COND} = 298\text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 263\text{ K}$

Para una temperatura de condensación de 298 K, se ve que la instalación funciona perfectamente sin importar en qué condiciones comience. Esto es un indicativo de que cuanto menor sea la temperatura ambiente y por tanto menor sea la temperatura de condensación fijada, más probabilidad hay de que el sistema cumpla su cometido en caso de que los niveles de radiación no sean los más favorables en todo momento. Además se ve cómo los volúmenes varían pero no llegan al máximo inicial del caso más desfavorable en comenzó en el caso en que el título de vapor en el interior del depósito es de 0,95.

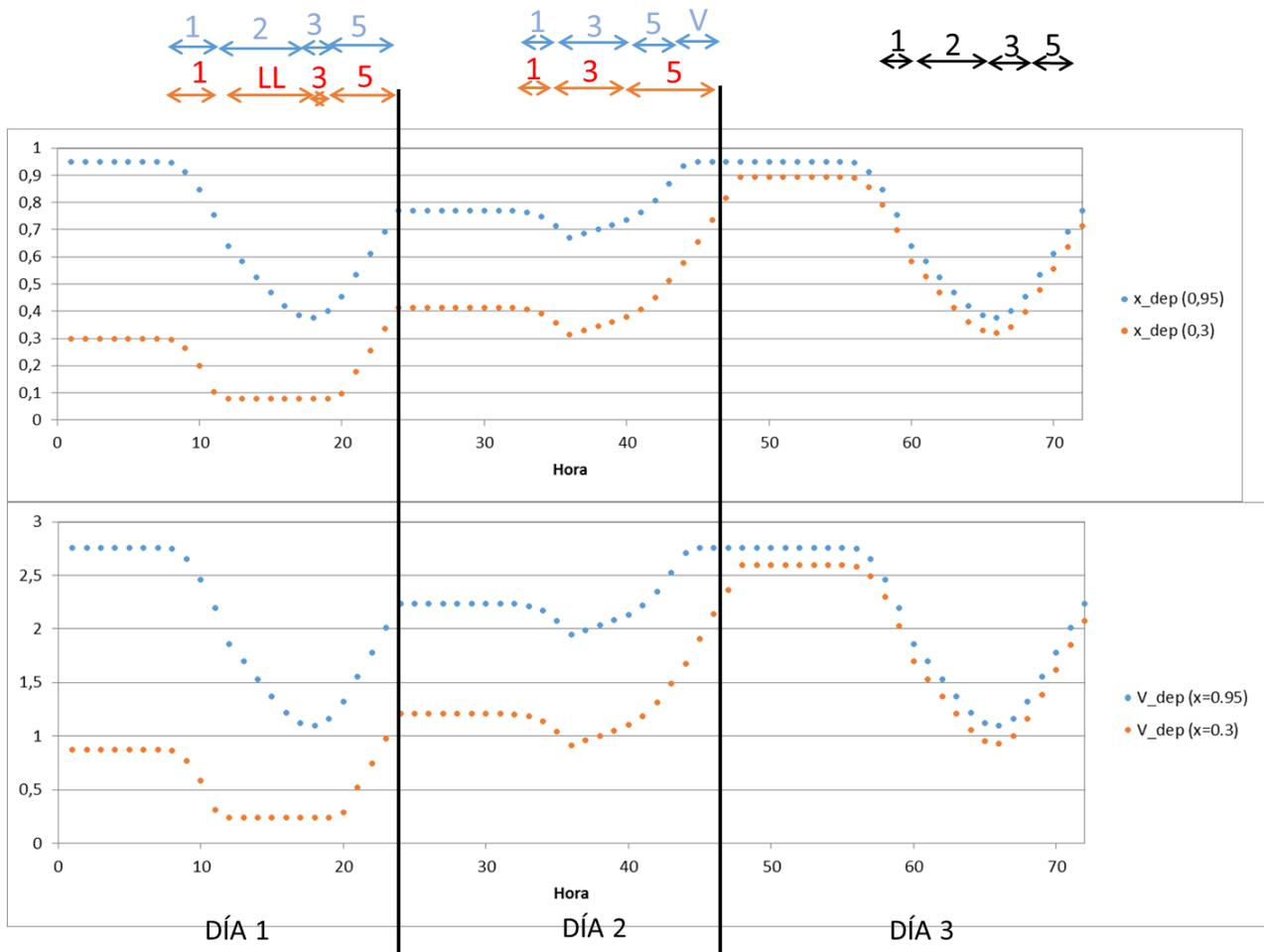
5.3.3.3 Producción a  $T_{EVAP} = 250\text{ K}$ 

Figura 5-28. Estado del depósito para  $T_{COND} = 298\text{ K}$  y  $T_{EVAP} = 250\text{ K}$

En la Figura 5-28 se comprueba que, al estar la temperatura del evaporador tan alejada de la del condensador, hay una pequeña fracción de la noche en que el depósito está ya totalmente vacío en el día en que la radiación es baja. En esta situación sí es necesario utilizar todo el volumen para el cual se había diseñado, pues al tener ocasiones en que se vacía completamente de refrigerante líquido, vuelve a su estado inicial.

## 5.3.4 Conclusiones

En general, puede observarse que las condiciones de partida del depósito no son excesivamente relevantes (exceptuando el tamaño calculado inicialmente) si se tiene un uso continuado durante varios días de la instalación. Está claro que en cualquier caso, cuanto más lleno de refrigerante líquido comience su funcionamiento el depósito, resultará más fácil que la instalación cubra la demanda para distintos requerimientos de frío y en diversos climas.

Además, como esta vez se ha tomado el estado final del tanque de refrigerante después de un día como comienzo del día siguiente (lo que es una situación más real), el comportamiento en general será más favorable que el que se previó en el estudio de días individuales.

Se analiza a continuación en qué casos se cubre totalmente la demanda durante los 3 días considerados según las temperaturas de evaporación y condensación, y el título del vapor inicial del depósito.

Se observa en este estudio que si bien cuando el título del vapor inicial es de 0,3 no sería necesario un volumen de depósito tan grande, al pasar un día de baja radiación es muy probable que el depósito sí que requiera de mayor capacidad, con lo cual si se quiere asegurar la posibilidad de cubrir la demanda hay que tener en cuenta la evolución y no sólo la hipótesis de volumen inicial.

- Título inicial  $x = 0,95$

	Tevap		
Tcond	283 K	263 K	250 K
313 K	Sí	No	No
303 K	Sí	Sí	No
298 K	Sí	Sí	No

Tabla 5-4. Cumplimiento total de la demanda con título del vapor inicial de 0,95

- Título inicial  $x = 0,3$

	Tevap		
Tcond	283 K	263 K	250 K
313 K	Sí	Sí	No
303 K	Sí	Sí	No
298 K	Sí	Sí	No

Tabla 5-5. Cumplimiento total de la demanda con título del vapor inicial de 0,3

Se reafirma consecuentemente lo dicho de que el título inicial es poco relevante en este aspecto.



# 6 CONCLUSIONES

---

La realización de este estudio muestra que en determinados casos el empleo de esta instalación permite cubrir la demanda considerada gracias a la energía solar sin la necesidad de la utilización de baterías para los momentos en que la producción es nula.

Cabe destacar además que los volúmenes de depósito de almacenamiento obtenidos oscilan entre menos de 1 m<sup>3</sup> y 3 m<sup>3</sup>, siendo este último el resultado para el caso de producción de frío para congelación. Por lo tanto, los tamaños de depósitos, especialmente para aplicaciones con temperaturas de evaporación menores, son de un orden de magnitud manejable. El análisis del volumen que se necesita para que el sistema cumpla su función es muy importante no sólo porque es preciso disponer de espacio suficiente para colocar el propio tanque sino porque evidentemente un tanque muy grande supondrá un coste elevado, que debería ser comparado con los precios de las baterías que haya en el momento en el mercado.

Es cierto que para condiciones climáticas extremas (altas temperaturas de condensación) o aplicaciones de frío a temperaturas de evaporación muy bajas, el sistema no siempre es capaz de cubrir la demanda con el área de paneles tomada. Sin embargo, posibles soluciones para estos casos serían aumentar el tamaño del campo solar, o bien emplear otro método de obtención de electricidad. Esto dependerá de las condiciones de la aplicación para la que se instalara este sistema, pero si está en un lugar aislado de la red eléctrica, podrían tenerse en cuenta posibles hibridaciones si no se desea poner un depósito mayor o más paneles.

En cualquier caso, las condiciones más favorables para esta instalación son climas fríos pero al mismo tiempo con altos niveles de radiación. El uso más óptimo será la climatización ( $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$ ), pues como puede verse en el estudio realizado, para este caso la instalación siempre es capaz de abastecer la demanda.

Si bien en este trabajo se ha considerado una demanda frigorífica concreta, el procedimiento de estudio para cualquier otra demanda se realizaría de la misma manera. Este análisis aporta una visión de la viabilidad técnica del empleo de la instalación, si bien un estudio económico permitiría analizar los casos en los que sea rentable económicamente frente a todos los tipos de almacenamiento que se mencionaron en el Capítulo 3.

Además del estudio económico, que sería una línea de trabajo futura de continuación a este estudio, sería necesario un análisis del control automático de este proceso, pues muchas variables influyen en él. Por ejemplo, el compresor de funcionamiento variable, el campo solar fotovoltaico, toda la valvulería y el acceso o salida del refrigerante al depósito son cuestiones que necesitan un control preciso que necesita ser modelado con concisión para asegurar el correcto funcionamiento de este sistema.

En definitiva, puede observarse una vez más que el empleo de la energía solar para aplicaciones tan frecuentes y necesarias como la refrigeración está bajo estudio exhaustivo y se prueba que es aplicable y cumple sus funciones, lo cual es un paso más hacia un mix energético en que las energías renovables tengan más peso que en la actualidad.



# REFERENCIAS

---

- [1] **Alva, G., Liu, L., Huang, X., Fang, G., 2017.** *Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications*. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 68, 693–706. doi:10.1016/j.rser.2016.10.021
- [2] **Alobaid, M., Hughes, B., Calautit, J.K., O'Connor, D., Heyes, A., 2017.** *A review of solar driven absorption cooling with photovoltaic thermal systems*. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 76, 728–742. doi:10.1016/j.rser.2017.03.081
- [3] **Bobadilla Belloso, María de los Ángeles. 2016.** *Almacenamiento con Amoniaco en Instalaciones de Frío con Energía Solar Fotovoltaica*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España : Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2016. Trabajo Fin de Grado.
- [4] **Dias, C.L.A., Alves, D., Cardoso, M., Loureiro, F. 2017.** *Performance estimation of photovoltaic technologies in Brazil*. *Renewable Energy* 114, 367-375. doi:10.1016/j.renene.2017.07.033.
- [5] **Fong, K.F., Chow, T.T., Lee, C.K., Lin, Z., Chan, L.S., 2010.** *Comparative study of different solar cooling systems for buildings in subtropical city*. *Sol. Energy* 84, 227–244. doi:10.1016/j.solener.2009.11.002
- [6] **Klein, S.A., 1992.** Engineering Equation Solver (EES) software.
- [7] **Lillo-Bravo, I., Bobadilla, M.A., Moreno-Tejera, S., Silva-Pérez, M. 2018.** *A novel storage system for cooling stand-alone photovoltaic installations*. Artículo pendiente de publicación.
- [8] **N.Sagara, J.Kondo, Y.Sekimeto. 1990.** *Evaluation of the Performance of a Heat Pump System incorporating Chilled Water Storage Tanks installed in a large office building*. Tokio, Japón : Press Performance, 1990. ISBN: 0-08-040193-7.
- [9] **Ozcan, H., Akyavuz, U.D., 2017.** *Thermodynamic and economic assessment of off-grid portable cooling systems with energy storage for emergency areas*. *Appl. Therm. Eng.* 119, 108–118. doi:10.1016/j.applthermaleng.2017.03.046

- [10] **Portalés García, Juan Carlos. 2016.** *Alternativas de almacenamiento energético en instalaciones fotovoltaicas con ciclo de refrigeración.* Universidad de Sevilla, Sevilla, España : Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2016. Trabajo Fin de Grado.
- [11] **S.M. Xu, X.D. Huang, R.Du. 2011.** *An investigation of the solar powered absorption refrigeration system with advanced energy storage technology.* Hong Kong, China : Solar Energy, 2011. Volume 85, Issue 9 : 1794-1804.

Nomenclatura utilizada en las tablas:

- $D$ : demanda de frío en el evaporador
- $Q_{f_s}$ : potencia del ciclo simple en el evaporador
- $m_{ev}$ : masa en el evaporador
- $m_e, m_s$ : masas de entrada y salida al depósito
- $x_e, x_s$ : títulos del vapor de los puntos de entrada y salida del depósito
- $x_{dep}$ : título del vapor en el interior del depósito
- $V_{dep}$ : volumen total del depósito

## 6.1 CÁLCULOS ALTA RADIACIÓN

### 6.1.1 $T_{COND} = 313 \text{ K}$ , $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	25,00	25,00	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	24,30	24,30	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	23,50	23,50	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	23,10	23,10	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	22,60	22,60	16,12	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	23,40	24,34	16,00	2,09	0,00	11,64	11,64	CARGA	0,00	0,04	0,12	1	0,00	0,04	4,19	0,94	0,87
9	25,30	32,42	15,42	15,19	0,00	87,33	45,00	CARGA	0,00	0,29	0,12	1	0,03	0,29	3,93	0,88	0,81
10	27,40	42,61	14,69	30,93	0,00	180,50	92,81	CARGA	0,00	0,60	0,12	1	0,07	0,60	3,40	0,76	0,70
11	29,40	52,22	14,00	44,22	0,00	256,20	256,20	CARGA	0,00	0,85	0,12	1	0,10	0,85	2,65	0,60	0,55
12	31,40	60,49	13,40	53,98	0,00	314,40	314,40	CARGA	0,00	1,05	0,12	1	0,12	1,05	1,73	0,39	0,36
13	33,00	64,85	13,09	57,73	100,00	337,70	237,70	CARGA PARCIAL	0,33	0,79	0,12	1	0,09	0,79	1,03	0,23	0,22
14	34,30	66,44	12,98	57,75	100,00	337,70	237,70	CARGA PARCIAL	0,33	0,79	0,12	1	0,09	0,79	0,36	0,08	0,08
15	35,20	67,02	12,93	56,98	100,00	331,90	231,90	CARGA PARCIAL	0,33	0,77	0,12	1	0,09	0,77	0,36	0,08	0,08
16	35,70	66,38	12,98	55,14	100,00	320,20	220,20	CARGA PARCIAL	0,33	0,73	0,12	1	0,09	0,73	0,36	0,08	0,08
17	35,80	61,18	13,35	46,93	100,00	273,60	173,60	CARGA PARCIAL	0,33	0,58	0,12	1	0,07	0,58	0,36	0,08	0,08
18	35,30	53,53	13,90	35,10	100,00	203,80	103,80	CARGA PARCIAL	0,33	0,35	0,12	1	0,04	0,35	0,36	0,08	0,08
19	34,30	44,28	14,57	20,12	100,00	116,40	16,40	CARGA PARCIAL	0,33	0,05	0,12	1	0,01	0,05	0,36	0,08	0,08
20	32,90	35,44	15,20	5,34	100,00	29,11	-70,89	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,21	1,00	0	0,21	0,00	0,56	0,13	0,12
21	31,40	31,40	15,49	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	0,90	0,20	0,19
22	30,30	30,30	15,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	1,23	0,28	0,26
23	29,20	29,20	15,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	1,56	0,35	0,33
24	28,00	28,00	15,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	1,89	0,43	0,40

6.1.2  $T_{COND} = 313 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	25,00	25,00	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	24,30	24,30	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	23,50	23,50	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	23,10	23,10	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	22,60	22,60	16,12	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	23,40	24,34	16,00	2,09	0,00	11,64	11,64	CARGA	0,00	0,04	0,12	1	0,00	0,04	4,19	0,94	0,87
9	25,30	32,42	15,42	15,19	0,00	87,33	45,00	CARGA	0,00	0,29	0,12	1	0,03	0,29	3,93	0,88	0,81
10	27,40	42,61	14,69	30,93	0,00	180,50	92,81	CARGA	0,00	0,60	0,12	1	0,07	0,60	3,40	0,76	0,70
11	29,40	52,22	14,00	44,22	0,00	256,20	256,20	CARGA	0,00	0,85	0,12	1	0,10	0,85	2,65	0,60	0,55
12	31,40	60,49	13,40	53,98	0,00	314,40	314,40	CARGA	0,00	1,05	0,12	1	0,12	1,05	1,73	0,39	0,36
13	33,00	64,85	13,09	57,73	100,00	337,70	237,70	CARGA PARCIAL	0,33	0,79	0,12	1	0,09	0,79	1,03	0,23	0,22
14	34,30	66,44	12,98	57,75	100,00	337,70	237,70	CARGA PARCIAL	0,33	0,79	0,12	1	0,09	0,79	0,36	0,08	0,08
15	35,20	67,02	12,93	56,98	100,00	331,90	231,90	CARGA PARCIAL	0,33	0,77	0,12	1	0,09	0,77	0,36	0,08	0,08
16	35,70	66,38	12,98	55,14	100,00	320,20	220,20	CARGA PARCIAL	0,33	0,73	0,12	1	0,09	0,73	0,36	0,08	0,08
17	35,80	61,18	13,35	46,93	100,00	273,60	173,60	CARGA PARCIAL	0,33	0,58	0,12	1	0,07	0,58	0,36	0,08	0,08
18	35,30	53,53	13,90	35,10	100,00	203,80	103,80	CARGA PARCIAL	0,33	0,35	0,12	1	0,04	0,35	0,36	0,08	0,08
19	34,30	44,28	14,57	20,12	100,00	116,40	16,40	CARGA PARCIAL	0,33	0,05	0,12	1	0,01	0,05	0,36	0,08	0,08
20	32,90	35,44	15,20	5,34	100,00	29,11	-70,89	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,21	1,00	0	0,21	0,00	0,56	0,13	0,12
21	31,40	31,40	15,49	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	0,90	0,20	0,19
22	30,30	30,30	15,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	1,23	0,28	0,26
23	29,20	29,20	15,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	1,56	0,35	0,33
24	28,00	28,00	15,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	1,89	0,43	0,40

6.1.3  $T_{COND} = 313 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	25,00	25,00	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
2	24,30	24,30	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
3	23,50	23,50	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
4	23,10	23,10	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
5	22,60	22,60	16,12	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
6	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
7	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
8	23,40	24,34	16,00	2,09	0,00	4,26	4,26	CARGA	0,00	0,01	0,22	1	0,00	0,01	3,86	0,95	2,75
9	25,30	32,42	15,42	15,19	0,00	32,00	45,00	CARGA	0,00	0,11	0,22	1	0,02	0,11	3,77	0,93	2,69
10	27,40	42,61	14,69	30,93	0,00	66,00	92,81	CARGA	0,00	0,23	0,22	1	0,05	0,23	3,60	0,88	2,56
11	29,40	52,22	14,00	44,22	0,00	93,66	93,66	CARGA	0,00	0,32	0,22	1	0,07	0,32	3,34	0,82	2,38
12	31,40	60,49	13,40	53,98	0,00	112,80	112,80	CARGA	0,00	0,40	0,22	1	0,09	0,40	3,04	0,74	2,16
13	33,00	64,85	13,09	57,73	100,00	121,30	21,30	CARGA PARCIAL	0,35	0,08	0,22	1	0,02	0,08	2,97	0,73	2,12
14	34,30	66,44	12,98	57,75	100,00	121,30	21,30	CARGA PARCIAL	0,35	0,08	0,22	1	0,02	0,08	2,91	0,71	2,08
15	35,20	67,02	12,93	56,98	100,00	121,30	21,30	CARGA PARCIAL	0,35	0,07	0,22	1	0,02	0,07	2,86	0,70	2,04
16	35,70	66,38	12,98	55,14	100,00	117,10	17,10	CARGA PARCIAL	0,35	0,06	0,22	1	0,01	0,06	2,81	0,69	2,00
17	35,80	61,18	13,35	46,93	100,00	100,00	0,00	CICLO SIMPLE	0,35	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2,81	0,69	2,00
18	35,30	53,53	13,90	35,10	100,00	74,50	-25,50	DESCARGA PARCIAL	0,33	0,07	1,00	0	0,07	0,00	2,88	0,71	2,05
19	34,30	44,28	14,57	20,12	100,00	42,57	-57,43	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,15	1,00	0	0,15	0,00	3,03	0,74	2,16
20	32,90	35,44	15,20	5,34	100,00	10,64	-89,36	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,24	1,00	0	0,24	0,00	3,27	0,80	2,33
21	31,40	31,40	15,49	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	3,62	0,89	2,58
22	30,30	30,30	15,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	3,96	0,95	2,76
23	29,20	29,20	15,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	4,31	0,95	2,76
24	28,00	28,00	15,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	4,65	0,95	2,76

6.1.4  $T_{COND} = 303 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	15,00	15,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	14,30	14,30	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	13,50	13,50	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	13,10	13,10	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	12,60	12,60	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	13,40	14,34	16,71	2,18	0,00	18,20	18,20	CARGA	0,00	0,06	0,02	1	0,00	0,06	4,17	0,94	0,86
9	15,30	22,42	16,14	15,90	0,00	145,60	45,00	CARGA	0,00	0,46	0,02	1	0,01	0,46	3,71	0,83	0,77
10	17,40	32,61	15,40	32,44	0,00	300,30	92,81	CARGA	0,00	0,94	0,02	1	0,02	0,94	2,79	0,63	0,58
11	19,40	42,22	14,71	46,48	0,00	427,70	427,70	CARGA	0,00	1,35	0,02	1	0,02	1,35	1,47	0,33	0,31
12	21,40	50,49	14,12	56,87	0,00	527,80	527,80	CARGA	0,00	1,65	0,02	1	0,03	1,65	0,36	0,08	0,08
13	23,00	54,85	13,81	60,89	100,00	569,50	469,50	CARGA PARCIAL	0,32	1,45	0,08	1	0,11	1,45	0,36	0,08	0,08
14	24,30	56,44	13,69	60,94	100,00	569,50	469,50	CARGA PARCIAL	0,32	1,45	0,08	1	0,11	1,45	0,36	0,08	0,08
15	25,20	57,02	13,65	60,14	100,00	560,30	460,30	CARGA PARCIAL	0,32	1,42	0,08	1	0,11	1,42	0,36	0,08	0,08
16	25,70	56,38	13,70	58,19	100,00	546,00	446,00	CARGA PARCIAL	0,32	1,37	0,08	1	0,11	1,37	0,36	0,08	0,08
17	25,80	51,18	14,07	49,45	100,00	455,00	355,00	CARGA PARCIAL	0,32	1,12	0,08	1	0,09	1,12	0,36	0,08	0,08
18	25,30	43,53	14,62	36,91	100,00	345,80	245,80	CARGA PARCIAL	0,32	0,75	0,08	1	0,06	0,75	0,36	0,08	0,08
19	24,30	34,28	15,28	21,11	100,00	191,10	91,10	CARGA PARCIAL	0,32	0,29	0,08	1	0,02	0,29	0,36	0,08	0,08
20	22,90	25,44	15,92	5,59	100,00	45,50	-54,50	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,14	1,00	0	0,14	0,00	0,50	0,11	0,11
21	21,40	21,40	16,21	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	0,82	0,18	0,17
22	20,30	20,30	16,29	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,13	0,25	0,24
23	19,20	19,20	16,37	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,45	0,33	0,30
24	18,00	18,00	16,45	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,77	0,40	0,37

6.1.5  $T_{COND} = 303 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	15,00	15,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
2	14,30	14,30	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
3	13,50	13,50	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
4	13,10	13,10	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
5	12,60	12,60	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
6	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
7	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
8	13,40	14,34	16,71	2,18	0,00	7,81	7,81	CARGA	0,00	0,03	0,14	1	0,00	0,03	3,97	0,94	1,67
9	15,30	22,42	16,14	15,90	0,00	62,50	45,00	CARGA	0,00	0,20	0,14	1	0,03	0,20	3,80	0,90	1,60
10	17,40	32,61	15,40	32,44	0,00	125,00	92,81	CARGA	0,00	0,41	0,14	1	0,06	0,41	3,45	0,82	1,45
11	19,40	42,22	14,71	46,48	0,00	179,70	179,70	CARGA	0,00	0,59	0,14	1	0,09	0,59	2,95	0,70	1,24
12	21,40	50,49	14,12	56,87	0,00	222,70	222,70	CARGA	0,00	0,72	0,14	1	0,10	0,72	2,33	0,55	0,98
13	23,00	54,85	13,81	60,89	100,00	236,60	136,60	CARGA PARCIAL	0,32	0,45	0,14	1	0,06	0,45	1,95	0,46	0,82
14	24,30	56,44	13,69	60,94	100,00	236,60	136,60	CARGA PARCIAL	0,32	0,45	0,14	1	0,06	0,45	1,56	0,37	0,66
15	25,20	57,02	13,65	60,14	100,00	234,40	134,40	CARGA PARCIAL	0,32	0,44	0,14	1	0,06	0,44	1,19	0,28	0,50
16	25,70	56,38	13,70	58,19	100,00	226,60	126,60	CARGA PARCIAL	0,32	0,41	0,14	1	0,06	0,41	0,84	0,20	0,36
17	25,80	51,18	14,07	49,45	100,00	191,40	91,40	CARGA PARCIAL	0,32	0,30	0,14	1	0,04	0,30	0,58	0,14	0,25
18	25,30	43,53	14,62	36,91	100,00	144,50	44,50	CARGA PARCIAL	0,32	0,14	0,14	1	0,02	0,14	0,45	0,11	0,20
19	24,30	34,28	15,28	21,11	100,00	82,00	-18,00	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,05	1,00	0	0,05	0,00	0,50	0,12	0,22
20	22,90	25,44	15,92	5,59	100,00	23,40	-76,60	DESCARGA PARCIAL	0,29	0,22	1,00	0	0,22	0,00	0,72	0,17	0,31
21	21,40	21,40	16,21	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,04	0,25	0,44
22	20,30	20,30	16,29	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,37	0,33	0,58
23	19,20	19,20	16,37	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,69	0,40	0,72
24	18,00	18,00	16,45	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,02	0,48	0,85

6.1.6  $T_{COND} = 303 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	15,00	15,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
2	14,30	14,30	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
3	13,50	13,50	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
4	13,10	13,10	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
5	12,60	12,60	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
6	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
7	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
8	13,40	14,34	16,71	2,18	0,00	5,30	5,30	CARGA	0,00	0,02	0,18	1	0,00	0,02	3,86	0,95	2,75
9	15,30	22,42	16,14	15,90	0,00	42,30	45,00	CARGA	0,00	0,14	0,18	1	0,03	0,14	3,74	0,92	2,67
10	17,40	32,61	15,40	32,44	0,00	84,60	92,81	CARGA	0,00	0,28	0,18	1	0,05	0,28	3,51	0,86	2,50
11	19,40	42,22	14,71	46,48	0,00	121,60	121,60	CARGA	0,00	0,41	0,18	1	0,07	0,41	3,18	0,78	2,27
12	21,40	50,49	14,12	56,87	0,00	150,70	150,70	CARGA	0,00	0,50	0,18	1	0,09	0,50	2,78	0,68	1,98
13	23,00	54,85	13,81	60,89	100,00	162,80	62,80	CARGA PARCIAL	0,33	0,20	0,18	1	0,04	0,20	2,61	0,64	1,86
14	24,30	56,44	13,69	60,94	100,00	162,80	62,80	CARGA PARCIAL	0,33	0,20	0,18	1	0,04	0,20	2,45	0,60	1,75
15	25,20	57,02	13,65	60,14	100,00	160,20	60,20	CARGA PARCIAL	0,33	0,19	0,18	1	0,04	0,19	2,29	0,56	1,63
16	25,70	56,38	13,70	58,19	100,00	153,40	53,40	CARGA PARCIAL	0,33	0,18	0,18	1	0,03	0,18	2,15	0,53	1,53
17	25,80	51,18	14,07	49,45	100,00	129,60	29,60	CARGA PARCIAL	0,33	0,10	0,18	1	0,02	0,10	2,06	0,51	1,47
18	25,30	43,53	14,62	36,91	100,00	97,80	-2,20	DESCARGA PARCIAL	0,33	0,01	1,00	0	0,01	0,00	2,07	0,51	1,48
19	24,30	34,28	15,28	21,11	100,00	55,50	-44,50	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,12	1,00	0	0,12	0,00	2,19	0,54	1,56
20	22,90	25,44	15,92	5,59	100,00	15,90	-84,10	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,23	1,00	0	0,23	0,00	2,42	0,59	1,72
21	21,40	21,40	16,21	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	2,75	0,67	1,96
22	20,30	20,30	16,29	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	3,08	0,75	2,19
23	19,20	19,20	16,37	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	3,41	0,84	2,43
24	18,00	18,00	16,45	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	3,74	0,92	2,66

6.1.7  $T_{COND} = 298 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	10,00	10,00	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	9,30	9,30	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	8,50	8,50	17,13	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	8,10	8,10	17,16	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	7,60	7,60	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	8,40	9,34	17,07	2,23	0,00	24,75	24,75	CARGA	0,00	0,09	0,06	1	0,00	0,09	4,15	0,93	0,86
9	10,30	17,42	16,49	16,26	0,00	198,00	45,00	CARGA	0,00	0,63	0,06	1	0,04	0,63	3,56	0,80	0,74
10	12,40	27,61	15,76	33,20	0,00	408,40	92,81	CARGA	0,00	1,28	0,06	1	0,07	1,28	2,35	0,53	0,49
11	14,40	37,22	15,07	47,62	0,00	581,60	581,60	CARGA	0,00	1,84	0,06	1	0,11	1,84	0,62	0,14	0,13
12	16,40	45,49	14,48	58,32	0,00	717,80	717,80	CARGA	0,00	2,25	0,06	1	0,13	2,25	0,36	0,08	0,08
13	18,00	49,85	14,17	62,47	100,00	774,60	674,60	CARGA PARCIAL	0,31	2,10	0,06	1	0,12	2,10	0,36	0,08	0,08
14	19,30	51,44	14,05	62,54	100,00	774,60	674,60	CARGA PARCIAL	0,31	2,10	0,06	1	0,12	2,10	0,36	0,08	0,08
15	20,20	52,02	14,01	61,72	100,00	762,10	662,10	CARGA PARCIAL	0,31	2,07	0,06	1	0,12	2,07	0,36	0,08	0,08
16	20,70	51,38	14,06	59,71	100,00	730,10	630,10	CARGA PARCIAL	0,31	2,00	0,06	1	0,12	2,00	0,36	0,08	0,08
17	20,80	46,18	14,43	50,71	100,00	618,80	518,80	CARGA PARCIAL	0,31	1,64	0,06	1	0,10	1,64	0,36	0,08	0,08
18	20,30	38,53	14,98	37,81	100,00	457,90	357,90	CARGA PARCIAL	0,31	1,15	0,06	1	0,07	1,15	0,36	0,08	0,08
19	19,30	29,28	15,64	21,61	100,00	259,90	159,90	CARGA PARCIAL	0,31	0,52	0,06	1	0,03	0,52	0,36	0,08	0,08
20	17,90	20,44	16,28	5,71	100,00	74,20	-25,80	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,09	1,00	0	0,09	0,00	0,44	0,10	0,10
21	16,40	16,40	16,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	0,75	0,17	0,16
22	15,30	15,30	16,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	1,07	0,24	0,23
23	14,20	14,20	16,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	1,38	0,31	0,29
24	13,00	13,00	16,81	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	1,69	0,38	0,35

6.1.8  $T_{COND} = 298 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	10,00	10,00	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
2	9,30	9,30	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
3	8,50	8,50	17,13	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
4	8,10	8,10	17,16	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
5	7,60	7,60	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
6	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
7	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
8	8,40	9,34	17,07	2,23	0,00	9,11	9,11	CARGA	0,00	0,03	0,13	1	0,00	0,03	3,97	0,94	1,67
9	10,30	17,42	16,49	16,26	0,00	72,90	45,00	CARGA	0,00	0,23	0,13	1	0,03	0,23	3,76	0,89	1,58
10	12,40	27,61	15,76	33,20	0,00	150,40	92,81	CARGA	0,00	0,48	0,13	1	0,06	0,48	3,34	0,79	1,41
11	14,40	37,22	15,07	47,62	0,00	214,20	214,20	CARGA	0,00	0,69	0,13	1	0,09	0,69	2,74	0,65	1,16
12	16,40	45,49	14,48	58,32	0,00	264,40	264,40	CARGA	0,00	0,84	0,13	1	0,11	0,84	2,00	0,48	0,85
13	18,00	49,85	14,17	62,47	100,00	285,30	185,30	CARGA PARCIAL	0,32	0,59	0,13	1	0,07	0,59	1,49	0,35	0,63
14	19,30	51,44	14,05	62,54	100,00	285,30	185,30	CARGA PARCIAL	0,32	0,59	0,13	1	0,07	0,59	0,98	0,23	0,42
15	20,20	52,02	14,01	61,72	100,00	280,70	180,70	CARGA PARCIAL	0,32	0,58	0,13	1	0,07	0,58	0,48	0,11	0,21
16	20,70	51,38	14,06	59,71	100,00	273,50	173,50	CARGA PARCIAL	0,32	0,55	0,13	1	0,07	0,55	0,34	0,08	0,15
17	20,80	46,18	14,43	50,71	100,00	227,90	127,90	CARGA PARCIAL	0,32	0,42	0,13	1	0,05	0,42	0,34	0,08	0,15
18	20,30	38,53	14,98	37,81	100,00	173,20	73,20	CARGA PARCIAL	0,32	0,23	0,13	1	0,03	0,23	0,34	0,08	0,15
19	19,30	29,28	15,64	21,61	100,00	95,72	-4,28	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,00	1,00	0	0,00	0,00	0,34	0,08	0,15
20	17,90	20,44	16,28	5,71	100,00	27,35	-72,65	DESCARGA PARCIAL	0,29	0,21	1,00	0	0,21	0,00	0,55	0,13	0,24
21	16,40	16,40	16,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	0,86	0,21	0,37
22	15,30	15,30	16,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,18	0,28	0,50
23	14,20	14,20	16,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,50	0,36	0,63
24	13,00	13,00	16,81	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,82	0,43	0,77

6.1.9  $T_{COND} = 298 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	10,00	10,00	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
2	9,30	9,30	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
3	8,50	8,50	17,13	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
4	8,10	8,10	17,16	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
5	7,60	7,60	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
6	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
7	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
8	8,40	9,34	17,07	2,23	0,00	6,00	6,00	CARGA	0,00	0,02	0,17	1	0,00	0,02	3,85	0,95	2,75
9	10,30	17,42	16,49	16,26	0,00	47,73	45,00	CARGA	0,00	0,16	0,17	1	0,03	0,16	3,72	0,91	2,65
10	12,40	27,61	15,76	33,20	0,00	98,44	92,81	CARGA	0,00	0,32	0,17	1	0,05	0,32	3,46	0,85	2,46
11	14,40	37,22	15,07	47,62	0,00	140,20	140,20	CARGA	0,00	0,46	0,17	1	0,08	0,46	3,07	0,75	2,19
12	16,40	45,49	14,48	58,32	0,00	173,00	173,00	CARGA	0,00	0,56	0,17	1	0,09	0,56	2,61	0,64	1,86
13	18,00	49,85	14,17	62,47	100,00	186,70	86,70	CARGA PARCIAL	0,32	0,28	0,17	1	0,05	0,28	2,38	0,58	1,69
14	19,30	51,44	14,05	62,54	100,00	186,70	86,70	CARGA PARCIAL	0,32	0,28	0,17	1	0,05	0,28	2,14	0,53	1,53
15	20,20	52,02	14,01	61,72	100,00	183,70	83,70	CARGA PARCIAL	0,32	0,27	0,17	1	0,05	0,27	1,92	0,47	1,37
16	20,70	51,38	14,06	59,71	100,00	179,00	79,00	CARGA PARCIAL	0,32	0,25	0,17	1	0,04	0,25	1,70	0,42	1,22
17	20,80	46,18	14,43	50,71	100,00	149,20	49,20	CARGA PARCIAL	0,32	0,17	0,17	1	0,03	0,17	1,57	0,38	1,12
18	20,30	38,53	14,98	37,81	100,00	113,40	13,40	CARGA PARCIAL	0,32	0,04	0,17	1	0,01	0,04	1,53	0,38	1,10
19	19,30	29,28	15,64	21,61	100,00	62,64	-37,36	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,10	1,00	0	0,10	0,00	1,63	0,40	1,16
20	17,90	20,44	16,28	5,71	100,00	17,90	-82,10	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,22	1,00	0	0,22	0,00	1,85	0,45	1,32
21	16,40	16,40	16,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,17	0,53	1,55
22	15,30	15,30	16,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,50	0,61	1,78
23	14,20	14,20	16,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,82	0,69	2,01
24	13,00	13,00	16,81	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	3,14	0,77	2,24

## 6.2 CÁLCULOS BAJA RADIACIÓN

### 6.2.1 $T_{COND} = 313 \text{ K}$ , $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	25,00	25,00	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	24,30	24,30	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	23,50	23,50	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	23,10	23,10	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	22,60	22,60	16,12	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	23,40	23,60	16,05	0,43	0,00	2,50	2,50	CARGA	0,00	0,01	0,12	1	0,00	0,01	4,22	0,95	0,87
9	25,30	26,93	15,81	3,56	0,00	17,40	45,00	CARGA	0,00	0,07	0,12	1	0,01	0,07	4,16	0,93	0,86
10	27,40	30,94	15,52	7,61	0,00	40,70	92,81	CARGA	0,00	0,15	0,12	1	0,02	0,15	4,03	0,91	0,83
11	29,40	36,75	15,11	15,36	0,00	87,30	87,30	CARGA	0,00	0,30	0,12	1	0,04	0,30	3,77	0,85	0,78
12	31,40	41,88	14,74	21,39	0,00	122,30	122,30	CARGA	0,00	0,41	0,12	1	0,05	0,41	3,40	0,76	0,70
13	33,00	44,86	14,52	23,86	100,00	138,90	38,90	CARGA PARCIAL	0,33	0,13	0,12	1	0,02	0,13	3,29	0,74	0,68
14	34,30	46,31	14,42	23,98	100,00	139,60	39,60	CARGA PARCIAL	0,33	0,13	0,12	1	0,02	0,13	3,17	0,71	0,66
15	35,20	47,05	14,37	23,57	100,00	137,20	37,20	CARGA PARCIAL	0,33	0,12	0,12	1	0,01	0,12	3,06	0,69	0,63
16	35,70	46,98	14,37	22,44	100,00	128,10	28,10	CARGA PARCIAL	0,33	0,10	0,12	1	0,01	0,10	2,97	0,67	0,62
17	35,80	44,43	14,56	17,39	100,00	101,20	1,20	CARGA PARCIAL	0,33	0,00	0,12	1	0,00	0,00	2,97	0,67	0,61
18	35,30	40,35	14,85	10,39	100,00	60,49	-39,51	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,12	1,00	0	0,12	0,00	3,08	0,69	0,64
19	34,30	35,23	15,22	1,95	100,00	11,60	-88,40	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,26	1,00	0	0,26	0,00	3,34	0,75	0,69
20	32,90	33,39	15,35	1,04	100,00	5,80	-94,20	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,28	1,00	0	0,28	0,00	3,62	0,81	0,75
21	31,40	31,40	15,49	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	3,95	0,89	0,82
22	30,30	30,30	15,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	4,29	0,95	0,87
23	29,20	29,20	15,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	4,62	0,95	0,87
24	28,00	28,00	15,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	4,95	0,95	0,87

6.2.2  $T_{COND} = 313 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	25,00	25,00	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
2	24,30	24,30	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
3	23,50	23,50	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
4	23,10	23,10	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
5	22,60	22,60	16,12	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
6	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
7	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
8	23,40	23,60	16,05	0,43	0,00	2,90	2,90	CARGA	0,00	0,00	0,18	1	0,00	0,00	3,99	0,95	1,68
9	25,30	26,93	15,81	3,56	0,00	8,90	45,00	CARGA	0,00	0,04	0,18	1	0,01	0,04	3,96	0,94	1,67
10	27,40	30,94	15,52	7,61	0,00	20,90	92,81	CARGA	0,00	0,08	0,18	1	0,01	0,08	3,90	0,93	1,64
11	29,40	36,75	15,11	15,36	0,00	44,90	44,90	CARGA	0,00	0,16	0,18	1	0,03	0,16	3,77	0,90	1,59
12	31,40	41,88	14,74	21,39	0,00	62,90	62,90	CARGA	0,00	0,22	0,18	1	0,04	0,22	3,59	0,85	1,51
13	33,00	44,86	14,52	23,86	100,00	71,40	-28,60	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,08	1,00	0	0,08	0,00	3,67	0,87	1,55
14	34,30	46,31	14,42	23,98	100,00	71,80	-28,20	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,08	1,00	0	0,08	0,00	3,75	0,89	1,58
15	35,20	47,05	14,37	23,57	100,00	70,57	-29,43	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,08	1,00	0	0,08	0,00	3,83	0,91	1,61
16	35,70	46,98	14,37	22,44	100,00	65,90	-34,10	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,09	1,00	0	0,09	0,00	3,92	0,93	1,65
17	35,80	44,43	14,56	17,39	100,00	50,90	-49,10	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,13	1,00	0	0,13	0,00	4,06	0,95	1,68
18	35,30	40,35	14,85	10,39	100,00	29,90	-70,10	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,19	1,00	0	0,19	0,00	4,25	0,95	1,68
19	34,30	35,23	15,22	1,95	100,00	5,90	-94,10	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,26	1,00	0	0,26	0,00	4,51	0,95	1,68
20	32,90	33,39	15,35	1,04	100,00	2,90	-97,10	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,27	1,00	0	0,27	0,00	4,78	0,95	1,68
21	31,40	31,40	15,49	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,34	0,34	1,00	0	0,34	0,00	5,12	0,95	1,68
22	30,30	30,30	15,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,34	0,34	1,00	0	0,34	0,00	5,46	0,95	1,68
23	29,20	29,20	15,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,34	0,34	1,00	0	0,34	0,00	5,80	0,95	1,68
24	28,00	28,00	15,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,34	0,34	1,00	0	0,34	0,00	6,14	0,95	1,68

6.2.3  $T_{COND} = 313 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	25,00	25,00	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
2	24,30	24,30	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
3	23,50	23,50	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
4	23,10	23,10	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
5	22,60	22,60	16,12	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
6	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
7	22,30	22,30	16,14	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
8	23,40	23,60	16,05	0,43	0,00	0,90	0,90	CARGA	0,00	0,00	0,22	1	0,00	0,00	3,87	0,95	2,76
9	25,30	26,93	15,81	3,56	0,00	7,60	45,00	CARGA	0,00	0,03	0,22	1	0,01	0,03	3,85	0,94	2,74
10	27,40	30,94	15,52	7,61	0,00	16,20	92,81	CARGA	0,00	0,06	0,22	1	0,01	0,06	3,80	0,93	2,71
11	29,40	36,75	15,11	15,36	0,00	32,70	32,70	CARGA	0,00	0,11	0,22	1	0,02	0,11	3,72	0,91	2,65
12	31,40	41,88	14,74	21,39	0,00	45,50	45,50	CARGA	0,00	0,16	0,22	1	0,03	0,16	3,59	0,88	2,56
13	33,00	44,86	14,52	23,86	100,00	50,80	-49,20	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,13	1,00	0	0,13	0,00	3,73	0,91	2,66
14	34,30	46,31	14,42	23,98	100,00	51,02	-48,98	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,13	1,00	0	0,13	0,00	3,86	0,95	2,75
15	35,20	47,05	14,37	23,57	100,00	50,17	-49,83	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,13	1,00	0	0,13	0,00	3,99	0,95	2,76
16	35,70	46,98	14,37	22,44	100,00	47,77	-52,23	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,14	1,00	0	0,14	0,00	4,13	0,95	2,76
17	35,80	44,43	14,56	17,39	100,00	37,04	-62,96	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,17	1,00	0	0,17	0,00	4,30	0,95	2,76
18	35,30	40,35	14,85	10,39	100,00	22,10	-77,90	DESCARGA PARCIAL	0,29	0,21	1,00	0	0,21	0,00	4,51	0,95	2,76
19	34,30	35,23	15,22	1,95	100,00	4,30	-95,70	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,26	1,00	0	0,26	0,00	4,77	0,95	2,76
20	32,90	33,39	15,35	1,04	100,00	2,10	-97,90	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,26	1,00	0	0,26	0,00	5,03	0,95	2,76
21	31,40	31,40	15,49	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	5,38	0,95	2,76
22	30,30	30,30	15,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	5,72	0,95	2,76
23	29,20	29,20	15,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	6,07	0,95	2,76
24	28,00	28,00	15,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,35	0,35	1,00	0	0,35	0,00	6,41	0,95	2,76

6.2.4  $T_{COND} = 303 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	15,00	15,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	14,30	14,30	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	13,50	13,50	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	13,10	13,10	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	12,60	12,60	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	13,40	13,60	16,77	0,45	0,00	4,50	4,50	CARGA	0,00	0,01	0,02	1	0,00	0,01	4,22	0,95	0,87
9	15,30	16,93	16,53	3,72	0,00	3,64	45,00	CARGA	0,00	0,11	0,02	1	0,00	0,11	4,11	0,92	0,85
10	17,40	20,94	16,24	7,97	0,00	72,70	92,81	CARGA	0,00	0,23	0,02	1	0,00	0,23	3,89	0,87	0,80
11	19,40	26,75	15,82	16,09	0,00	145,60	145,60	CARGA	0,00	0,47	0,02	1	0,01	0,47	3,43	0,77	0,71
12	21,40	31,88	15,46	22,43	0,00	200,20	200,20	CARGA	0,00	0,65	0,02	1	0,01	0,65	2,79	0,63	0,58
13	23,00	34,86	15,24	25,04	100,00	227,80	127,80	CARGA PARCIAL	0,32	0,41	0,08	1	0,03	0,41	2,41	0,54	0,50
14	24,30	36,31	15,14	25,17	100,00	229,00	129,00	CARGA PARCIAL	0,32	0,41	0,08	1	0,03	0,41	2,04	0,46	0,42
15	25,20	37,05	15,09	24,74	100,00	225,10	125,10	CARGA PARCIAL	0,32	0,40	0,08	1	0,03	0,40	1,67	0,37	0,35
16	25,70	36,98	15,09	23,56	100,00	209,30	109,30	CARGA PARCIAL	0,32	0,36	0,08	1	0,03	0,36	1,33	0,30	0,28
17	25,80	34,43	15,27	18,25	100,00	166,00	66,00	CARGA PARCIAL	0,32	0,21	0,08	1	0,02	0,21	1,14	0,26	0,24
18	25,30	30,35	15,57	10,89	100,00	100,00	0,00	CICLO SIMPLE	0,32	0,00	-	-	0,00	0,00	1,14	0,26	0,24
19	24,30	25,23	15,93	2,04	100,00	18,20	-81,80	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,24	1,00	0	0,24	0,00	1,38	0,31	0,29
20	22,90	23,39	16,07	1,08	100,00	9,10	-90,90	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,26	1,00	0	0,26	0,00	1,64	0,37	0,34
21	21,40	21,40	16,21	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	1,96	0,44	0,41
22	20,30	20,30	16,29	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,28	0,51	0,47
23	19,20	19,20	16,37	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,60	0,58	0,54
24	18,00	18,00	16,45	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	2,92	0,65	0,60

6.2.5  $T_{COND} = 303 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	15,00	15,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
2	14,30	14,30	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
3	13,50	13,50	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
4	13,10	13,10	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
5	12,60	12,60	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
6	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
7	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
8	13,40	13,60	16,77	0,45	0,00	1,70	1,70	CARGA	0,00	0,01	0,14	1	0,00	0,01	3,99	0,95	1,68
9	15,30	16,93	16,53	3,72	0,00	15,60	45,00	CARGA	0,00	0,05	0,14	1	0,01	0,05	3,95	0,94	1,66
10	17,40	20,94	16,24	7,97	0,00	31,30	92,81	CARGA	0,00	0,10	0,14	1	0,01	0,10	3,87	0,92	1,63
11	19,40	26,75	15,82	16,09	0,00	62,50	62,50	CARGA	0,00	0,20	0,14	1	0,03	0,20	3,69	0,88	1,55
12	21,40	31,88	15,46	22,43	0,00	85,90	85,90	CARGA	0,00	0,28	0,14	1	0,04	0,28	3,45	0,82	1,45
13	23,00	34,86	15,24	25,04	100,00	97,80	-2,20	DESCARGA PARCIAL	3234,00	0,01	1,00	0	0,01	0,00	3,45	0,82	1,45
14	24,30	36,31	15,14	25,17	100,00	98,30	-1,70	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,00	1,00	0	0,00	0,00	3,46	0,82	1,46
15	25,20	37,05	15,09	24,74	100,00	96,70	-3,30	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,01	1,00	0	0,01	0,00	3,47	0,82	1,46
16	25,70	36,98	15,09	23,56	100,00	89,90	-10,10	DESCARGA PARCIAL	0,32	0,02	1,00	0	0,02	0,00	3,49	0,83	1,47
17	25,80	34,43	15,27	18,25	100,00	70,30	-29,70	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,08	1,00	0	0,08	0,00	3,57	0,85	1,50
18	25,30	30,35	15,57	10,89	100,00	42,90	-57,10	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,16	1,00	0	0,16	0,00	3,73	0,89	1,57
19	24,30	25,23	15,93	2,04	100,00	7,80	-92,20	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,26	1,00	0	0,26	0,00	3,99	0,95	1,68
20	22,90	23,39	16,07	1,08	100,00	3,90	-96,10	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,27	1,00	0	0,27	0,00	4,25	0,95	1,68
21	21,40	21,40	16,21	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	4,58	0,95	1,68
22	20,30	20,30	16,29	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	4,90	0,95	1,68
23	19,20	19,20	16,37	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	5,22	0,95	1,68
24	18,00	18,00	16,45	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	5,55	0,95	1,68

6.2.6  $T_{COND} = 303 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	15,00	15,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
2	14,30	14,30	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
3	13,50	13,50	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
4	13,10	13,10	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
5	12,60	12,60	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
6	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
7	12,30	12,30	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
8	13,40	13,60	16,77	0,45	0,00	1,20	1,20	CARGA	0,00	0,00	0,18	1	0,00	0,00	3,87	0,95	2,76
9	15,30	16,93	16,53	3,72	0,00	10,00	45,00	CARGA	0,00	0,03	0,18	1	0,01	0,03	3,84	0,94	2,74
10	17,40	20,94	16,24	7,97	0,00	21,10	92,81	CARGA	0,00	0,07	0,18	1	0,01	0,07	3,79	0,93	2,70
11	19,40	26,75	15,82	16,09	0,00	42,30	42,30	CARGA	0,00	0,14	0,18	1	0,03	0,14	3,67	0,90	2,62
12	21,40	31,88	15,46	22,43	0,00	59,00	59,00	CARGA	0,00	0,20	0,18	1	0,04	0,20	3,51	0,86	2,50
13	23,00	34,86	15,24	25,04	100,00	66,10	-33,90	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,09	1,00	0	0,09	0,00	3,60	0,88	2,57
14	24,30	36,31	15,14	25,17	100,00	66,60	-33,40	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,09	1,00	0	0,09	0,00	3,69	0,91	2,63
15	25,20	37,05	15,09	24,74	100,00	65,42	-34,58	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,09	1,00	0	0,09	0,00	3,79	0,93	2,70
16	25,70	36,98	15,09	23,56	100,00	61,00	-39,00	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,10	1,00	0	0,10	0,00	3,89	0,95	2,76
17	25,80	34,43	15,27	18,25	100,00	47,60	-52,40	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,14	1,00	0	0,14	0,00	4,03	0,95	2,76
18	25,30	30,35	15,57	10,89	100,00	29,10	-70,90	DESCARGA PARCIAL	0,29	0,19	1,00	0	0,19	0,00	4,22	0,95	2,76
19	24,30	25,23	15,93	2,04	100,00	5,30	-94,70	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,25	1,00	0	0,25	0,00	4,47	0,95	2,76
20	22,90	23,39	16,07	1,08	100,00	2,60	-97,40	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,26	1,00	0	0,26	0,00	4,73	0,95	2,76
21	21,40	21,40	16,21	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	5,06	0,95	2,76
22	20,30	20,30	16,29	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	5,39	0,95	2,76
23	19,20	19,20	16,37	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	5,72	0,95	2,76
24	18,00	18,00	16,45	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,33	0,33	1,00	0	0,33	0,00	6,05	0,95	2,76

6.2.7  $T_{COND} = 298 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 283 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	10,00	10,00	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
2	9,30	9,30	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
3	8,50	8,50	17,13	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
4	8,10	8,10	17,16	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
5	7,60	7,60	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
6	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
7	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,23	0,95	0,87
8	8,40	8,60	17,13	0,46	0,00	6,00	6,00	CARGA	0,00	0,02	0,06	1	0,00	0,02	4,21	0,95	0,87
9	10,30	11,93	16,89	3,80	0,00	49,50	45,00	CARGA	0,00	0,15	0,06	1	0,01	0,15	4,07	0,92	0,84
10	12,40	15,94	16,60	8,14	0,00	99,00	92,81	CARGA	0,00	0,31	0,06	1	0,02	0,31	3,78	0,85	0,78
11	14,40	21,75	16,18	16,46	0,00	198,00	198,00	CARGA	0,00	0,63	0,06	1	0,04	0,63	3,18	0,71	0,66
12	16,40	26,88	15,81	22,95	0,00	284,60	284,60	CARGA	0,00	0,88	0,06	1	0,05	0,88	2,35	0,53	0,49
13	18,00	29,86	15,60	25,62	100,00	317,10	217,10	CARGA PARCIAL	0,31	0,68	0,06	1	0,04	0,68	1,71	0,38	0,36
14	19,30	31,31	15,50	25,77	100,00	318,80	218,80	CARGA PARCIAL	0,31	0,68	0,06	1	0,04	0,68	1,07	0,24	0,23
15	20,20	32,05	15,44	25,33	100,00	313,50	213,50	CARGA PARCIAL	0,31	0,66	0,06	1	0,04	0,66	0,44	0,10	0,10
16	20,70	31,98	15,45	24,12	100,00	297,00	197,00	CARGA PARCIAL	0,31	0,62	0,06	1	0,04	0,62	0,36	0,08	0,08
17	20,80	29,43	15,63	18,68	100,00	223,00	123,00	CARGA PARCIAL	0,31	0,41	0,06	1	0,02	0,41	0,36	0,08	0,08
18	20,30	25,35	15,92	11,14	100,00	136,10	36,10	CARGA PARCIAL	0,31	0,12	0,06	1	0,01	0,12	0,36	0,08	0,08
19	19,30	20,23	16,29	2,09	100,00	24,80	-75,20	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,22	1,00	0	0,22	0,00	0,57	0,13	0,12
20	17,90	18,39	16,42	1,11	100,00	12,40	-87,60	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,25	1,00	0	0,25	0,00	0,83	0,19	0,18
21	16,40	16,40	16,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	1,14	0,26	0,24
22	15,30	15,30	16,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	1,45	0,33	0,30
23	14,20	14,20	16,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	1,76	0,40	0,37
24	13,00	13,00	16,81	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,31	0,31	1,00	0	0,31	0,00	2,07	0,47	0,43

6.2.8  $T_{COND} = 298 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 263 \text{ K}$ 

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	10,00	10,00	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
2	9,30	9,30	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
3	8,50	8,50	17,13	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
4	8,10	8,10	17,16	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
5	7,60	7,60	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
6	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
7	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	4,00	0,95	1,68
8	8,40	8,60	17,13	0,46	0,00	2,30	2,30	CARGA	0,00	0,01	0,13	1	0,00	0,01	3,99	0,95	1,68
9	10,30	11,93	16,89	3,80	0,00	18,20	45,00	CARGA	0,00	0,06	0,13	1	0,01	0,06	3,94	0,94	1,66
10	12,40	15,94	16,60	8,14	0,00	36,50	92,81	CARGA	0,00	0,12	0,13	1	0,01	0,12	3,84	0,91	1,62
11	14,40	21,75	16,18	16,46	0,00	72,90	72,90	CARGA	0,00	0,24	0,13	1	0,03	0,24	3,63	0,86	1,53
12	16,40	26,88	15,81	22,95	0,00	104,80	104,80	CARGA	0,00	0,33	0,13	1	0,04	0,33	3,34	0,79	1,41
13	18,00	29,86	15,60	25,62	100,00	116,80	16,80	CARGA PARCIAL	0,32	0,05	0,13	1	0,01	0,05	3,30	0,78	1,39
14	19,30	31,31	15,50	25,77	100,00	117,40	17,40	CARGA PARCIAL	0,32	0,06	0,13	1	0,01	0,06	3,25	0,77	1,37
15	20,20	32,05	15,44	25,33	100,00	115,50	15,50	CARGA PARCIAL	0,32	0,05	0,13	1	0,01	0,05	3,20	0,76	1,35
16	20,70	31,98	15,45	24,12	100,00	109,40	9,40	CARGA PARCIAL	0,32	0,03	0,13	1	0,00	0,03	3,18	0,76	1,34
17	20,80	29,43	15,63	18,68	100,00	82,00	-18,00	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,04	1,00	0	0,04	0,00	3,22	0,77	1,36
18	20,30	25,35	15,92	11,14	100,00	50,00	-50,00	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,14	1,00	0	0,14	0,00	3,36	0,80	1,41
19	19,30	20,23	16,29	2,09	100,00	9,10	-90,90	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,25	1,00	0	0,25	0,00	3,61	0,86	1,52
20	17,90	18,39	16,42	1,11	100,00	4,60	-95,40	DESCARGA PARCIAL	0,28	0,26	1,00	0	0,26	0,00	3,87	0,92	1,63
21	16,40	16,40	16,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	4,00	0,95	1,68
22	15,30	15,30	16,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	4,00	0,95	1,68
23	14,20	14,20	16,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	4,00	0,95	1,68
24	13,00	13,00	16,81	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	4,00	0,95	1,68

6.2.9  $T_{COND} = 298 \text{ K}$ ,  $T_{EVAP} = 250 \text{ K}$

Hora	Tamb	Tcell	$\eta_{pv}$	Wcomp	D	Qf_s	Qf_s-D	MODO	m_ev	m_e=m_s	x_e	x_s	m_e*x_e	m_s*x_s	m_v_dep	x_dep	V_dep
1	10,00	10,00	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
2	9,30	9,30	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
3	8,50	8,50	17,13	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
4	8,10	8,10	17,16	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
5	7,60	7,60	17,20	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
6	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
7	7,30	7,30	17,22	0,00	0,00	0,00	0,00	NADA	0,00	0,00	-	-	-	-	3,87	0,95	2,76
8	8,40	8,60	17,13	0,46	0,00	1,50	1,50	CARGA	0,00	0,00	0,17	1	0,00	0,00	3,87	0,95	2,76
9	10,30	11,93	16,89	3,80	0,00	11,90	45,00	CARGA	0,00	0,04	0,17	1	0,01	0,04	3,84	0,94	2,73
10	12,40	15,94	16,60	8,14	0,00	23,90	92,81	CARGA	0,00	0,08	0,17	1	0,01	0,08	3,77	0,93	2,69
11	14,40	21,75	16,18	16,46	0,00	48,00	48,00	CARGA	0,00	0,16	0,17	1	0,03	0,16	3,64	0,89	2,59
12	16,40	26,88	15,81	22,95	0,00	68,70	68,70	CARGA	0,00	0,22	0,17	1	0,04	0,22	3,46	0,85	2,46
13	18,00	29,86	15,60	25,62	100,00	76,40	-23,60	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,06	1,00	0	0,06	0,00	3,52	0,86	2,51
14	19,30	31,31	15,50	25,77	100,00	76,80	-23,20	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,06	1,00	0	0,06	0,00	3,58	0,88	2,55
15	20,20	32,05	15,44	25,33	100,00	75,60	-24,40	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,07	1,00	0	0,07	0,00	3,65	0,90	2,60
16	20,70	31,98	15,45	24,12	100,00	71,60	-28,40	DESCARGA PARCIAL	0,31	0,08	1,00	0	0,08	0,00	3,72	0,91	2,65
17	20,80	29,43	15,63	18,68	100,00	54,00	-46,00	DESCARGA PARCIAL	0,30	0,12	1,00	0	0,12	0,00	3,84	0,94	2,74
18	20,30	25,35	15,92	11,14	100,00	32,80	-67,20	DESCARGA PARCIAL	0,29	0,18	1,00	0	0,18	0,00	3,87	0,95	2,76
19	19,30	20,23	16,29	2,09	100,00	5,90	-94,10	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,25	1,00	0	0,25	0,00	3,87	0,95	2,76
20	17,90	18,39	16,42	1,11	100,00	2,90	-97,10	DESCARGA PARCIAL	0,27	0,26	1,00	0	0,26	0,00	3,87	0,95	2,76
21	16,40	16,40	16,57	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	3,87	0,95	2,76
22	15,30	15,30	16,65	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	3,87	0,95	2,76
23	14,20	14,20	16,73	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	3,87	0,95	2,76
24	13,00	13,00	16,81	0,00	100,00	0,00	-100,00	DESCARGA	0,32	0,32	1,00	0	0,32	0,00	3,87	0,95	2,76