



solarcombi+

## D4.2: Descripción de la solución kit de Rotartica

Editado por

Rakel Loubet, Jose María Chavarri, Bakartxo Egilegor and Ruth Fernández

Versión 1

Institución



Arrasate, Octubre 2009

## Contenido

D4.2: Descripción de la solución kit de Rotartica .....	1
1 Introducción.....	3
2 Información básica sobre la enfriadora .....	4
3 Servicios de Rotartica.....	6
3.1 Solución global de ROTARTICA.....	6
3.2 Formación.....	8
4 Configuraciones del sistema .....	8
4.1 Circuitos hidráulicos de Rotartica Solar 045 .....	8
4.2 Esquema de sistema SolarCombi+ propuesto .....	9
4.2.1 Resultados de las simulaciones .....	11
5 Propuesta de la solución tipo kit.....	13
6 Conclusiones .....	16
Anexo I: Ficha técnica de Rotartica.....	18
Anexo II: Modos de operación de Rotarkit .....	20

## 1 Introducción

La energía solar térmica es una alternativa al uso de fuel oil o cualquier tipo de calderas que usen combustibles fósiles, tanto para aplicaciones de ACS y calefacción, como para refrigeración. Al combinar tanto las demandas de calor en invierno como las demandas de frío en verano, permiten dimensionar los paneles para las cargas de invierno y no sufrir sobrecalentamientos durante el verano. Además, en verano la demanda de frío es coincidente con la radiación solar incidente (véase figura 1), de modo que cuando mayor disponibilidad solar existe, se requiere de una mayor generación de frío. Asimismo, permite descongestionar la red de distribución eléctrica.

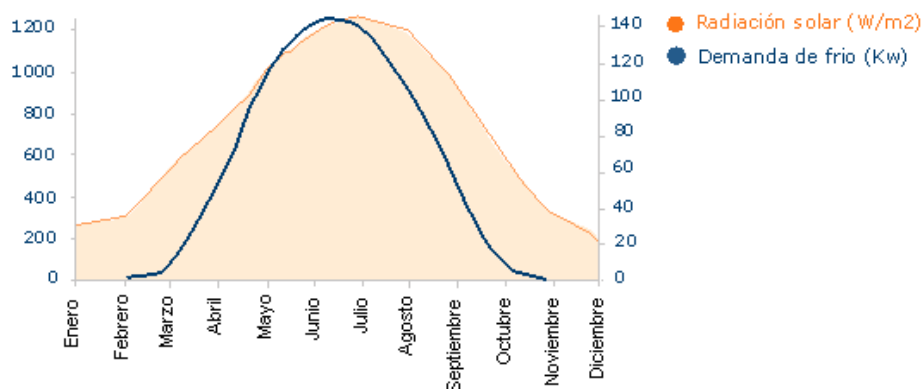


Figura 1: Ejemplo de cargas y necesidades (según variables tipo de casa, latitud, etc.)

Dentro del marco del proyecto Solar Combi+, se ha diseñado una solución tipo kit, Rotarkit, para facilitar el diseño y puesta en marcha de las instalaciones solares que proporcionen agua caliente sanitaria (ACS), calefacción y aire acondicionado (Sistemas Solar Combi+) a un edificio, empleando una máquina de absorción rotativa ROTARTICA.

## 2 Información básica sobre la enfriadora

ROTARTICA es un aparato de absorción de LiBr de pequeño tamaño (orientado a viviendas unifamiliares, pequeños comercios, etc.), con alta eficiencia en su ciclo de funcionamiento, con lo que según las condiciones climáticas es posible prescindir de torre de refrigeración.


Estos aparatos de absorción (véase figura 2) están accionados por agua caliente en su línea solar térmica y utilizan refrigerantes no dañinos con el medio ambiente (agua en lugar de CFCs, HCFCs etc.), además de procesos productivos respetuosos con la naturaleza.



Figura 2: Aparatos de climatización ROTARTICA ( modelos solar 045 y solar 045V)

En el caso de la línea solar, la absorción tiene lugar en un sistema de simple efecto donde se logra una potencia de enfriamiento nominal de 4.5kW (de 2 kW a 8 kW según condiciones) con un COP 0.62 (en condiciones nominales). La gama de modelos en la línea solar son dos, como muestra la tabla 1:

Tabla 1: Tabla de características básicas de los modelos ROTARTICA solar

	Modelo	Potencia enfr.	Instalación	Accionamiento	Absorción
Línea Solar	SOLAR 045v	4.5kw	Exterior	Energía solar térmica	Simple efecto
Térmica	SOLAR 045	4.5kw	Interior	Energía solar térmica	Simple efecto

ROTARTICA aplica los principios de la absorción en una unidad generadora rotativa, con distintas cámaras al vacío. El efecto que se consigue con esta rotación es básicamente la mejora de los procesos de transferencia de masa y calor. Gracias a esto, se puede disminuir el tamaño y peso de la unidad generadora y la efectividad del sistema crece de manera importante respecto a aplicaciones de absorción más comunes. Otra de las ventajas es el incremento del salto térmico ( $t^a$  agua caliente salida –  $t^o$  agua fría de salida) con lo que se elimina la necesidad imperativa de instalar torre de refrigeración y, con ello, el peligro de proliferación de la bacteria legionella. Las ventajas y desventajas básicas frente a otros sistemas convencionales se resumen en la tabla 2 siguiente:

**Tabla 2: Ventajas y desventajas de ROTARTICA frente a sistemas convencionales**

VENTAJAS	DESVENTAJAS respecto a otros sistemas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilización de una energía totalmente renovable e ilimitada.</li> <li>▪ Eliminación de riesgos para la salud al poder prescindir de la torre de refrigeración (según aplicaciones).</li> <li>▪ Eliminación del uso de CFCs y HCFCs al usar agua como refrigerante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tecnología en momento de desarrollo.</li> <li>▪ Instalación nueva y, por tanto, algo más complicada.</li> <li>▪ Mayor inversión económica inicial.</li> </ul>

El modelo más básico (SOLAR 045) está compuesto por la Unidad Generadora, que es dónde se produce el proceso termodinámico y auténtico núcleo tecnológico del producto. A ésta le acompañan los correspondientes sistemas de seguridad.

Por el contrario, la versión exterior SOLAR 045v incluye, además de los componentes del modelo interior, el aerotermo para la disipación de calor y dos bombas para los circuitos de frío y de disipación de calor.

El volumen del modelo con aerotermo es de  $0.95\text{m}^3$  ( $1.150 \times 1.092 \times 0.760$  m) y un peso de 280 kg. y el modelo sin aerotermo ocupa  $0.61\text{m}^3$  ( $0.865 \times 1.050 \times 0.670$  m) y pesa 240kg.

Las Unidades Generadoras (U.G.) o unidades rotativas y el producto final de ROTARTICA, así como sus principios físicos y la mayoría de sus componentes, están debidamente protegidas por patentes y leyes de mercado internacional.

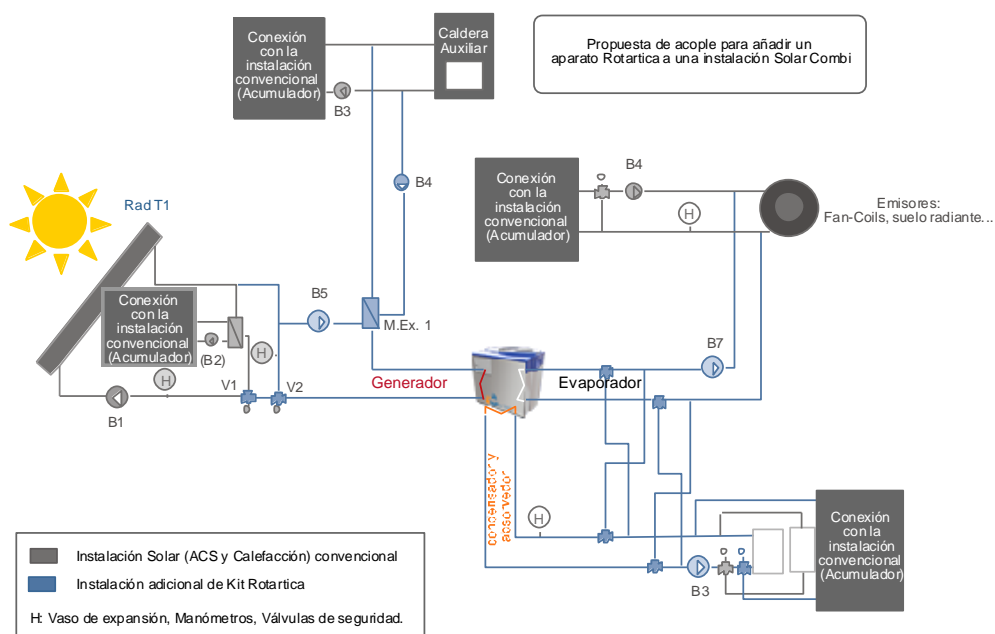
## **3 Servicios de Rotartica**

### **3.1 Solución global de ROTARTICA**

Además de comercializar su producto principal, ROTARTICA ha facilitado la labor de ingenierías y empresas instaladoras ofreciendo la posibilidad de una Solución Global que permitía completar una instalación tipo. El elemento central es la denominada Unidad Hidráulica (U.H. en adelante) que puede contener, dependiendo del modelo ROTARTICA, aerotermo, bombas de caudal, válvulas, caldera de apoyo y todos los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema.

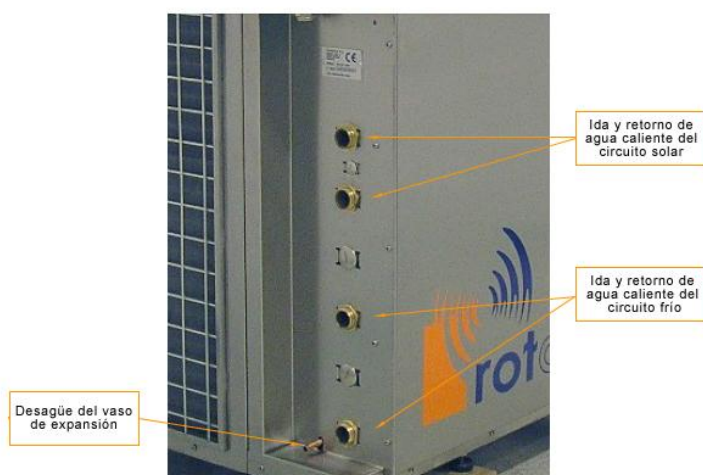
Los elementos que forman esta Solución Global (véase figura 3) son fundamentalmente:

- Unidad Hidráulica (U.H.)
- Fan coils
- Paneles solares



**Figura 3: Propuesta de acople para añadir un aparato ROTARTICA a una Instalación Solar Combi.**

Básicamente, el enganche del aparato de absorción al resto de la instalación es tan sencillo como conectar el circuito primario solar a la entrada ya dispuesta con racores de 1" y, a continuación, la salida que puede constar de sólo frío (ida y retorno) o frío y calor (cuatro tubos). La versión solo frío que se observa en la siguiente figura 4 corresponde al modelo ROTARTICA SOLAR 045v, donde los tubos del circuito caliente quedan dentro para su disipación con el intercambiador y ventilador (aerotermo) incorporados en este modelo.



**Figura 4: Salida de circuitos de agua del aparato de absorción**

### 3.2 Formación

Otro servicio de ROTARTICA ha sido la formación dirigida a instaladores e ingenierías, para su formación en la correcta instalación del aparato así como el posterior mantenimiento y SAT.

Uno de los objetivos de ROTARTICA desde sus inicios ha sido crear un producto fácil de instalar y con una necesidad casi nula de mantenimiento para la Unidad Generadora, la cual ha sido diseñada para una vida estimada de 15 años sin manipulación. El mantenimiento queda prácticamente para el resto de la instalación, que es la parte ya conocida por los instaladores.

## 4 Configuraciones del sistema

### 4.1 Circuitos hidráulicos de Rotartica Solar 045

La enfriadora de absorción rotativa ROTARTICA Solar 045 cuenta con tres circuitos para su funcionamiento, tal y como se muestra en la figura 5 siguiente

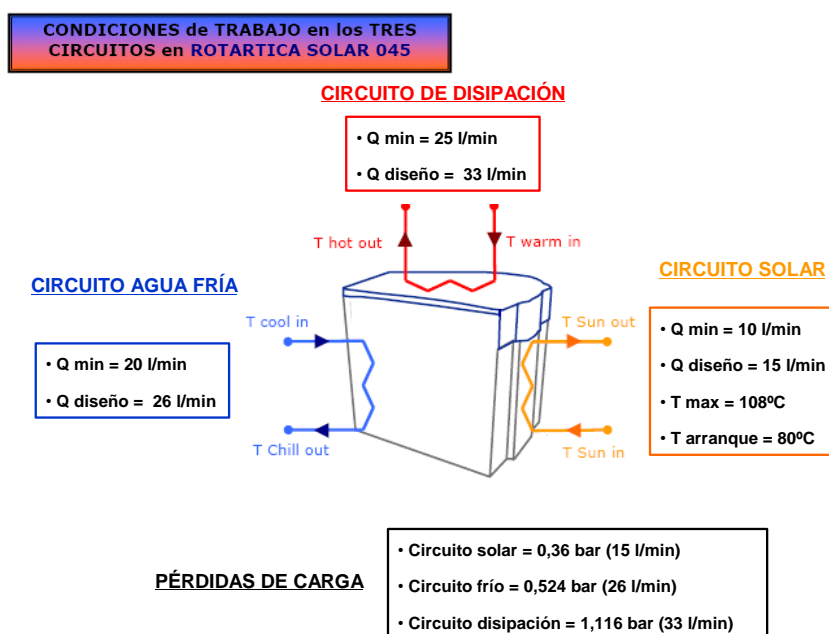


Figura 5: Circuitos hidráulicos de ROTARTICA Solar 045



Los tres circuitos se detallan a continuación:

- Circuito solar o de alimentación, es dónde la máquina absorbe la energía en forma de calor. Este calor puede proceder de distintas fuentes, tales como colectores solares térmicos, sistemas de cogeneración, calderas o cualquier otra fuente de calor residual.
- Circuito de agua fría. El frío generado puede distribuirse tanto mediante fan-coils, techos radiantes u otros medios.
- Circuito de disipación, se puede disipar mediante un aerotermo (incluido en el modelo 045V) o mediante sondas geotérmicas, piscinas, pozos, etc.

Es importante tener en cuenta la flexibilidad de ROTARTICA ante distintos modos de alimentación de calor, distribución y disipación de calor. Ello permite gran versatilidad de trabajo en distintas aplicaciones de sistemas SolarCombi+.

## **4.2 Esquema de sistema SolarCombi+ propuesto**

El esquema del sistema SolarCombi+ propuesto para la enfriadora ROTARTICA en el mercado estatal es el C1, descrito y simulado dentro del proyecto SolarCombi+. La razón básica de esta selección fue el evitar la conexión directa entre el tanque de acumulación y el sistema auxiliar de generación de calor, debido a las condiciones legales existentes en España (Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico HE Ahorro de Energía, punto 4 del capítulo 3.3.3.2. Situación de las conexiones).

La configuración C1 es la que se indica en la figura 6 siguiente. En el esquema el sistema auxiliar de generación de calor se representa como una caldera a modo de ejemplo, aunque bien podría ser cualquier otro. Por otro lado, el sistema de distribución de calefacción y refrigeración del edificio es común aunque se representa por separado por simplicidad esquemática. Finalmente, la disipación de calor se representa como un aerotermo a modo de ejemplo, aunque podría emplearse cualquiera de los sistemas descritos anteriormente.

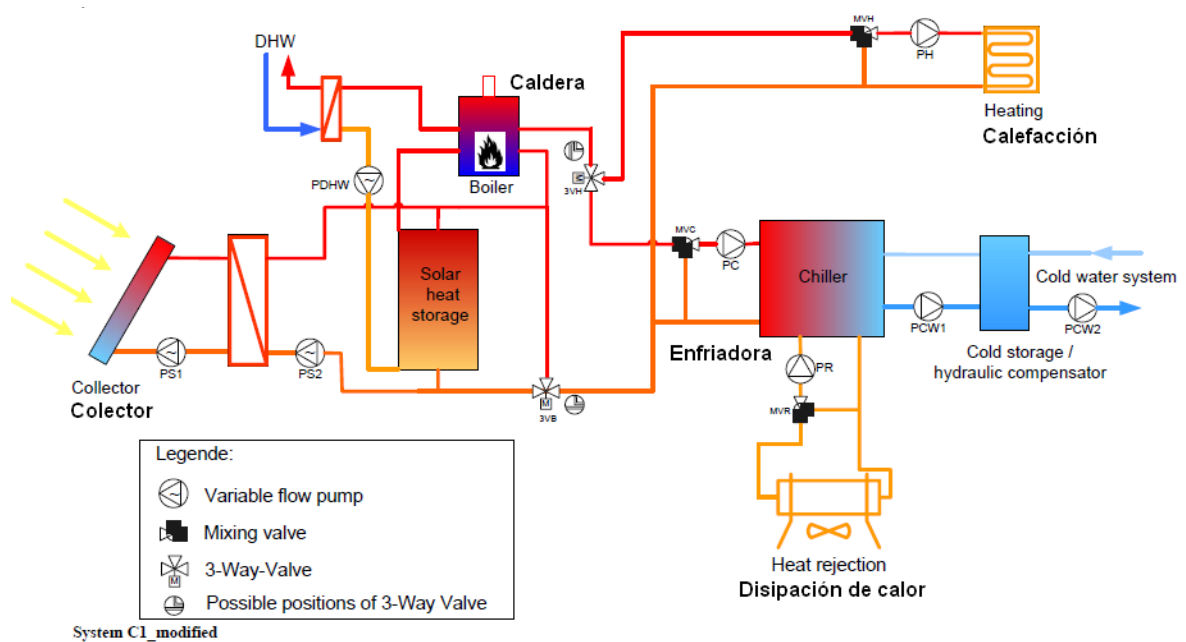


Figura 6: Esquema C1 de un sistema SolarCombi+

Asimismo, es posible el uso de ROTARTICA en la Configuración E1, pero debido a que en esa configuración el circuito de la caldera auxiliar está en contacto con el acumulador, se plantea el uso de esta configuración para otros mercados europeos pero no el nacional. Los resultados de las simulaciones indican que esta configuración E1 proporciona, a priori, una mejora de casi un 10% en el ahorro de energía primaria del sistema en su conjunto frente a la C1.

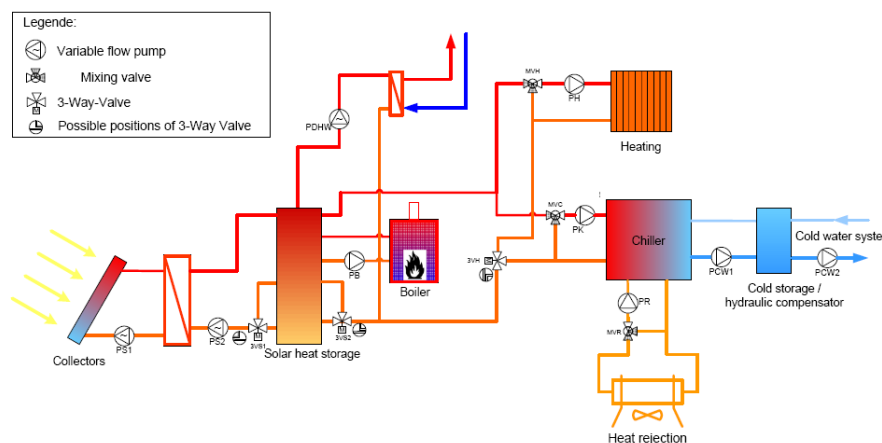


Figura 7: Configuración E1 del proyecto SolarCombi+

### 4.2.1 Resultados de las simulaciones

Se han realizado simulaciones sobre los esquemas definidos para edificios residenciales con la enfriadora Rotartica, variando distintos parámetros como son: el tamaño y tipo de colectores, el tamaño del tanque de acumulación, el sistema de distribución y el sistema de disipación de calor. La metodología de trabajo y los resultados de estas simulaciones están incluidos dentro de los informes del proyecto SolarCombi+, disponibles en la web [www.solarcombiplus.org](http://www.solarcombiplus.org). Estos resultados permiten optimizar el dimensionamiento del sistema tanto desde el punto de vista energético como económico.

Por ello, aquí tan solo vamos a dar los resultados de las simulaciones para un caso dado, por ejemplo una vivienda en la localidad de Toulouse. De los resultados de estas simulaciones (figura 8) se puede obtener el dimensionamiento más favorable para una aplicación concreta, o también definida una variable constante, como por ejemplo que la disipación sea con aerotermo, la mejor solución posible.

De estos resultados se deduce que los colectores de vacío son mejores que los colectores planos, aunque su coste por otro lado es más elevado. Así, para este caso concreto en una vivienda con techo radiante el ahorro en energía primaria relativa se incrementa en un 11% al emplear tubos de vacío en lugar de colectores planos. Asimismo, el porcentaje de fracción de frío solar mejora en un 18%.

Por ello, teniendo en cuenta la base de datos de los resultados de las simulaciones, se podrían hacer recomendaciones en la definición y dimensionamiento de los componentes del sistema (campo de colectores, volumen del tanque de acumulación, sistema de distribución y sistema de disipación).

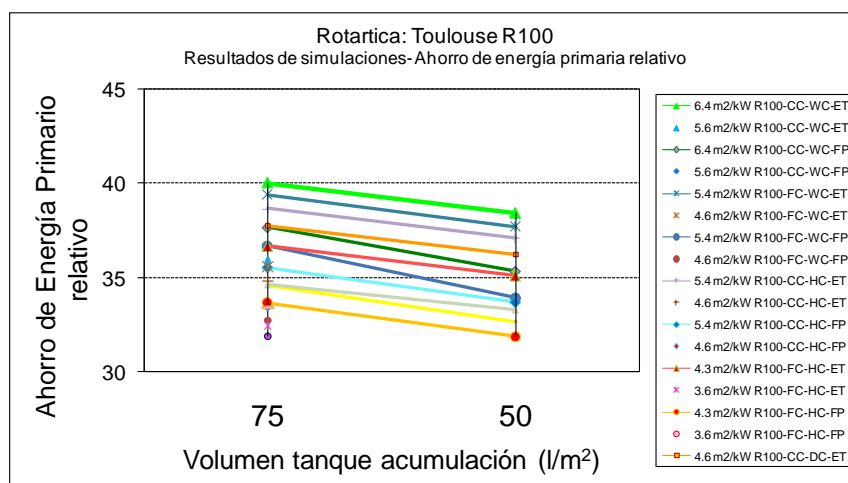
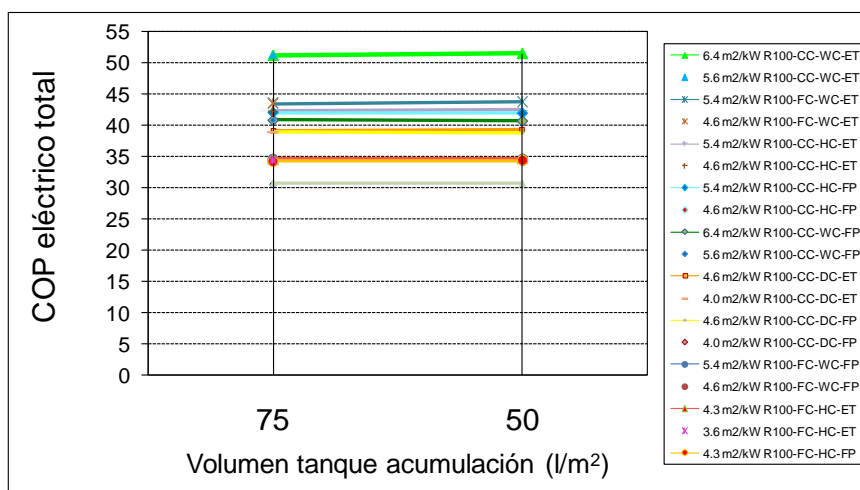
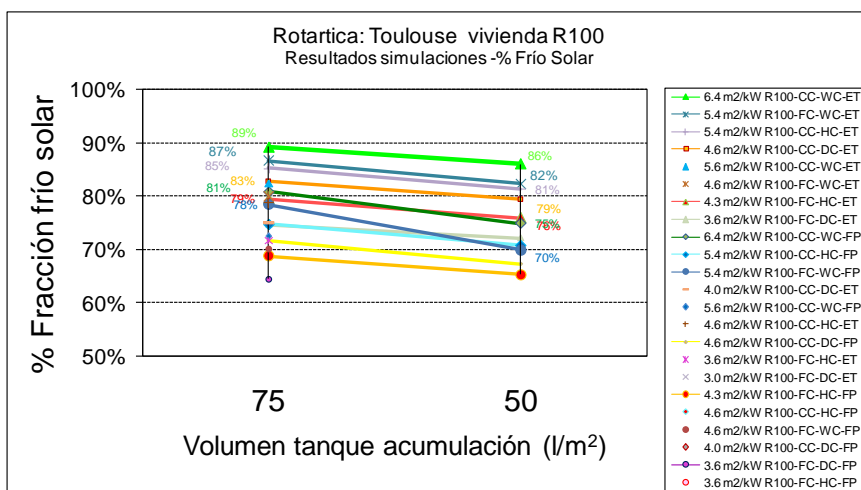


Figura 8: Resultados de las simulaciones para una instalación SolarCombi+ con Rotartica en la configuración C1.

## 5 Propuesta de la solución tipo kit

Se ha definido Rotarkit (véase figura 9), un concepto de Kit para las instalaciones solares combinadas de refrigeración, calefacción y ACS (Solar Combi+) que permiten el diseño e implementación de instalaciones Solar Combi+ de modo más sencillo, económico y fiable. Así, se asegura la calidad y se reducen los costes en todas las fases de la instalación, desde el diseño hasta la puesta en marcha y mantenimiento de la misma.

El Kit se basa en los resultados de las simulaciones realizadas con ROTARTICA en la configuración C1, dirigida expresamente al mercado estatal. La idea básica es priorizar el empleo de la energía solar, tanto para ACS y calefacción como para la generación de frío, mejorando la eficiencia global del sistema.

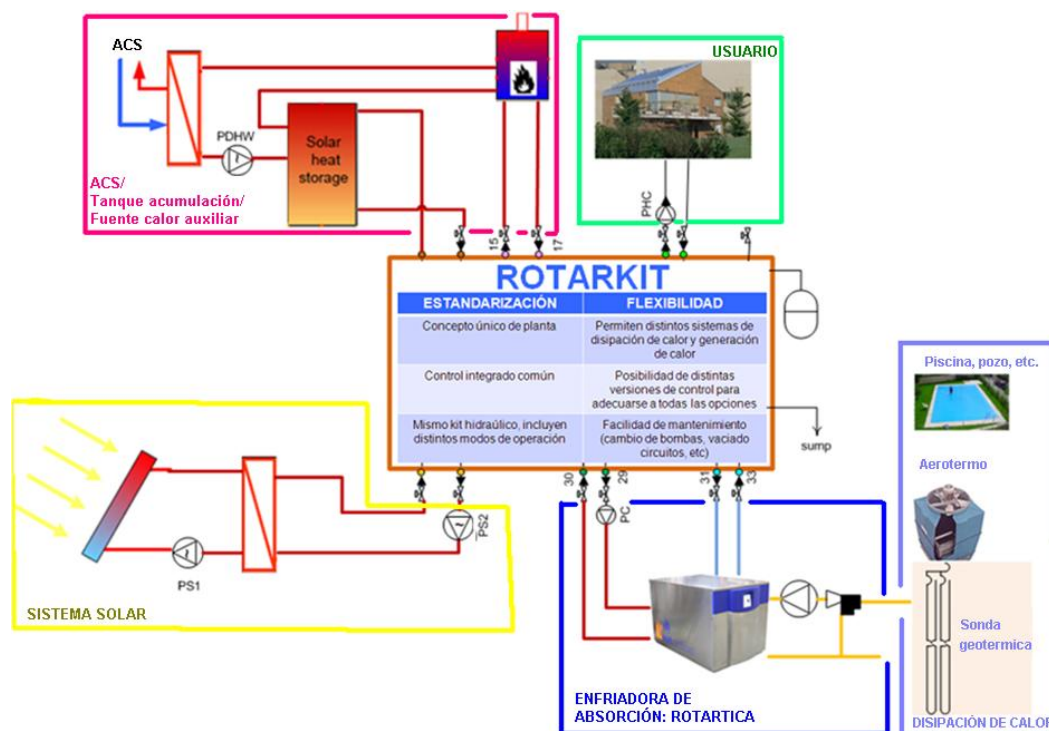


Figura 9: Esquema conceptual del KIT de ROTARTICA para instalaciones Solar Combi+

Así, el kit permitiría a los instaladores conectar de modo sencillo los distintos subsistemas entre sí, que básicamente se resumen en:

- Subsistema Solar: Permite el aprovechamiento del calor de los paneles solares térmicos, tanto para calefacción, y ACS , como para alimentar (fuente de calor ) de una máquina de refrigeración por absorción.
- Subsistema Usuario final: Es el que demanda ACS, calefacción y refrigeración. El objetivo del control del Rotarkit es satisfacer estas demandas, maximizando la eficiencia del sistema.
- Subsistema ACS y Calefacción: Permite acumular el calor generado por el sol en un tanque, así como generar calor extra cuando el proporcionado por el sol no es suficiente para cubrir las demandas. Incluye el servicio de ACS y calefacción.
- Subsistema de Frío: Se conecta la máquina de absorción, ROTARTICA, para proporcionar aire acondicionado al usuario final.
- Subsistema Disipación calor: Permite disipar el exceso de calor de la máquina de refrigeración a través de diferentes tecnologías: torres de refrigeración, aerotermos, sondas geotérmicas e incluso piscinas.

El kit propiamente consiste en una serie de válvulas y conexiones a través de conductos o conducciones (véase figura 10). Externamente, están las conexiones a los distintos subsistemas, con válvulas manuales para facilitar tareas de mantenimiento o reparación parcial, sin tener que vaciar todo el circuito. Las bombas de los tres circuitos se han colocado externamente, pero anexos al kit, para facilitar su dimensionamiento dependiendo de la aplicación y la posibilidad de sustitución o reemplazo en caso de avería.

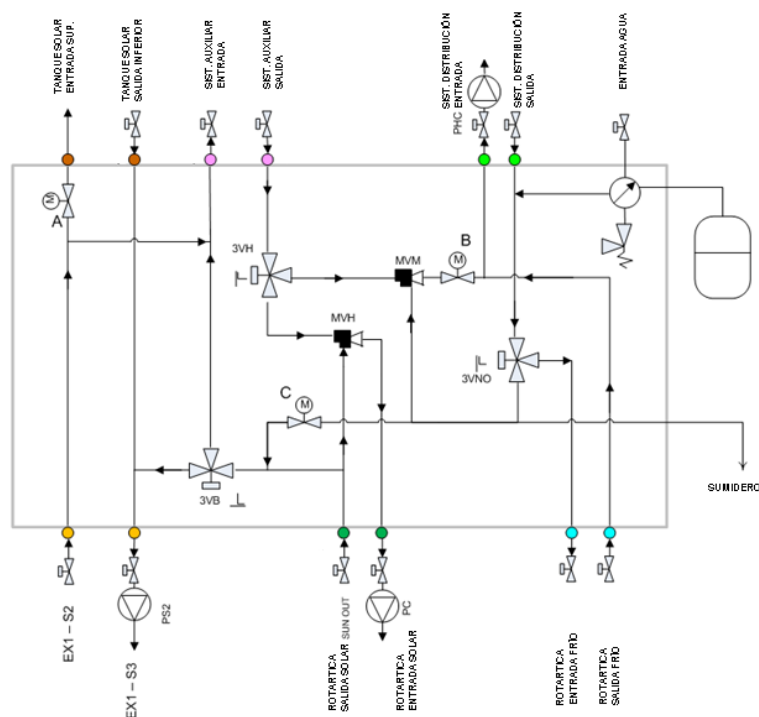


Figura 10: ROTARKIT basado en la configuración C1

Asimismo, el control estaría integrado en el kit permitiendo diferentes modos de operación, según un algoritmo integrado e incluyendo todas las seguridades para evitar sobrecalentamientos y congelación del circuito en invierno.

Existen 7 modos básicos de operación, que son los siguientes:

- Modo 1, Verano, Aire-acondicionado directo Solar.
- Modo 2, Verano, Aire-acondicionado Solar a través del tanque.
- Modo 3, Verano, Aire-acondicionado mediante Sistema auxiliar de calor.
- Modo 4, Invierno, Calefacción directa Solar.
- Modo 5, Invierno, Calefacción Solar a través del tanque.
- Modo 6, Invierno, Calefacción mediante Sistema auxiliar de calor.
- Modo 7, Invierno y Verano, servicio de agua caliente sanitaria (ACS). Puede generarse en paralelo a la calefacción y aire-acondicionado.

Existe incluso la posibilidad de plantear instalaciones sin sistemas auxiliares de generación de calor, evaluando inicialmente la cobertura que daría la aplicación según las simulaciones.

Por último, existiría la posibilidad de hacer trabajar a ROTARTICA como bomba de calor, pero sería necesario hacer una nueva versión ampliada de kit. No se contempla dentro de este documento.

## 6 Conclusiones

Las instalaciones solares combinadas que proporcionan agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración a un edificio (sistemas SolarCombi+), pueden llegar a producir un ahorro de energía primario considerable y un aumento de la eficiencia eléctrica total con respecto a las instalaciones convencionales. Es muy importante la definición del esquema o configuración de trabajo, ya que de la correcta definición hidráulica así como de su control, dependerá el correcto funcionamiento del sistema.

Dentro del proyecto SolarCombi+ se han evaluado diferentes esquemas de configuración de este tipo de instalaciones y , finalmente, se han simulado las distintas enfriadoras comerciales en dos configuraciones seleccionadas: C1 y E1. Ambas configuraciones proporcionan un ahorro de energía primaria en las localizaciones simuladas (Toulouse, Napoles y Estrasburgo).

Como este tipo de instalaciones son novedosas, generarían unos costes de diseño e ingeniería que podrían reducirse notablemente con el empleo de kits de instalación. Por ese motivo se ha diseñado un Kit para este tipo de instalaciones Solar Combi+ con una enfriadora ROTARTICA. Las ventajas del kit serían fundamentalmente la reducción de costes, la mejora de la calidad y la simplificación de la instalación.

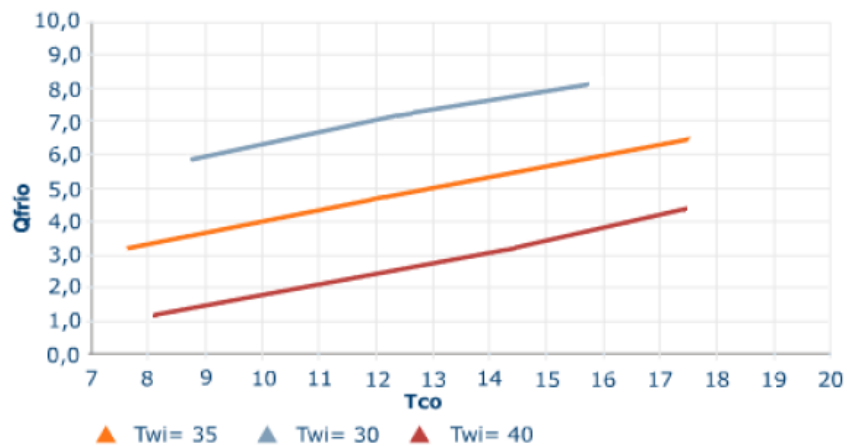
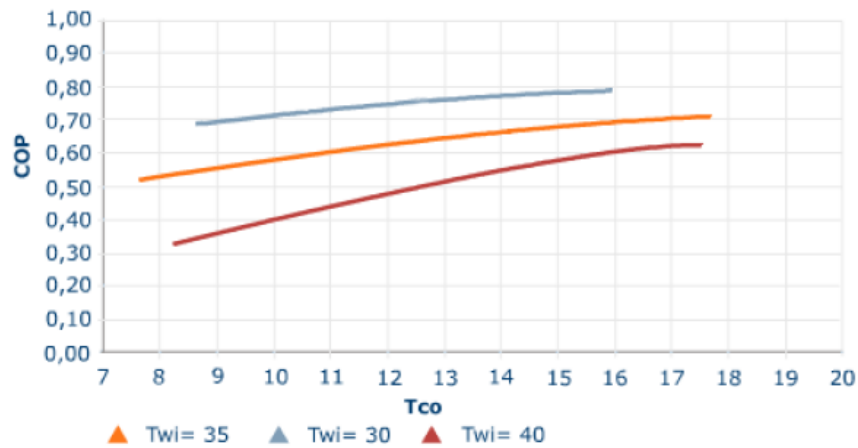
El kit permite además una gran versatilidad permitiendo distintas fuentes de generación de calor auxiliar, así como modos de distribución y disipación de calor, pudiendo adaptarse a la casuística existente. El control estaría orientado a conseguir un funcionamiento del sistema lo más eficiente posible, evitando el



empleo de sistemas de generación auxiliar de calor siempre que se permita por parte del usuario, quién decidirá sus temperaturas consignas de confort. Por defecto, el fabricante definirá aquellas que permitan un confort para el usuario con el menor consumo energético (no procedente del sol) posible.


## Anexo I: Ficha técnica de Rotartica

Curvas de funcionamiento para una temperatura de alimentación de 90°C



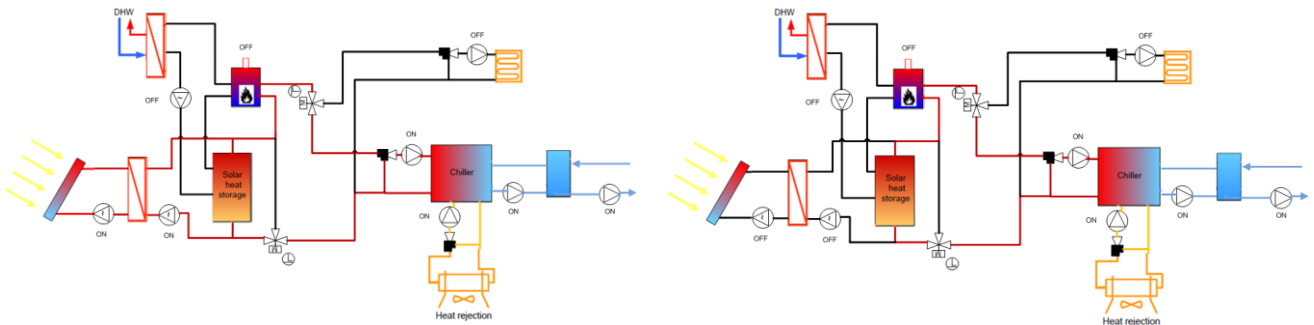
Qfrío= Potencia enfriamiento (kW)    Tco= Impulsión agua fría (°C)    Twi= Retorno agua caliente a condensador (°C)

Qfrío= Potencia enfriamiento (kW)    Tco= Impulsión agua fría (°C)    Twi= Retorno agua caliente (°C)

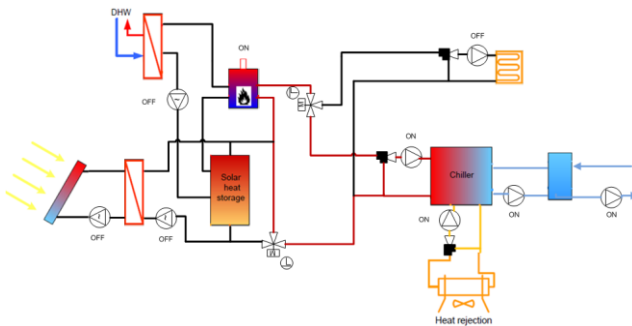
<b>ROTARTICA</b>			
<b>PRESTACIONES DE PRODUCTO</b>		<b>ENFRIADORA SOLAR Aire-Agua</b>	
		<b>Tecnología</b>	ABSORCIÓN DE SIMPLE EFECTO LiBr/H2O
		<b>Marca</b>	<b>ROTARTICA</b>
		<b>Modelo</b>	SOLAR 045 y SOLAR 045v
<b>Datos de producto</b>	Empresa	ROTARTICA	
	Producto	Enfriadora Aire-Agua	
	Potencia nominal de refrigeración	4,5 kW	
	Accionamiento	Agua calentada a 90°C	
	Absorbente/Refrigerante	LiBr/H2O	
		<b>SOLAR 045</b>	<b>SOLAR 045v</b>
<b>Circuito Agua FRÍA</b>	Capacidad (kW)	4,50	
	Caudal (m3/h)	1,56	
	Pérdida de carga (bar)	0,52	
<b>Circuito Agua DISIPACIÓN</b>	Capacidad (kW)	11,70	-
	Caudal (m3/h)	1,98	-
	Pérdida de carga (bar)	1,12	-
<b>Circuito APORTE ENERGÍA</b>	Aporte calor al generador (kW) a 90°	7,20	
	Caudal (m3/h)	0,90	
	Pérdida de carga (bar)	0,36	
<b>Suministro eléctrico</b>	Consumo eléctrico Aparato de Absorción (kW)	0,40	1,11
<b>Temperaturas</b>	Nominal de entrada al Generador (°C)	90	
	Nominal de salida frío (°C)	12	
	Nominal de salida disipación (°C)	40	-
	Ambiente (influye para disipación seca)	30	
<b>Dimensiones</b>	Largo (mm)	1130	1202
	Ancho (mm)	720	803
	Altura (mm)	790	1202
	Volumen (m3)	0,64	1,16
	Peso (kg)	240	290
<b>Condiciones nominales:</b>			
Circuito primario: 90°C y caudal 15 l/min, Circuito agua fría: 12°C y caudal 26 l/min, Circuito agua caliente retorno: 35°C (disipación seca) y caudal 33 l/min			

**NOTA:** No existe una norma para aparatos de absorción SIN torre de refrigeración. En su defecto se utilizan las condiciones indicadas anteriormente.

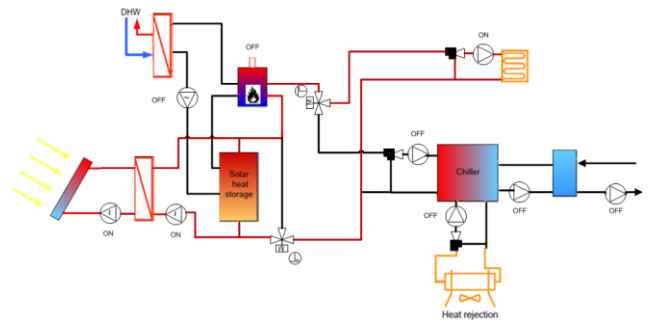
## Anexo II: Modos de operación de Rotarkit



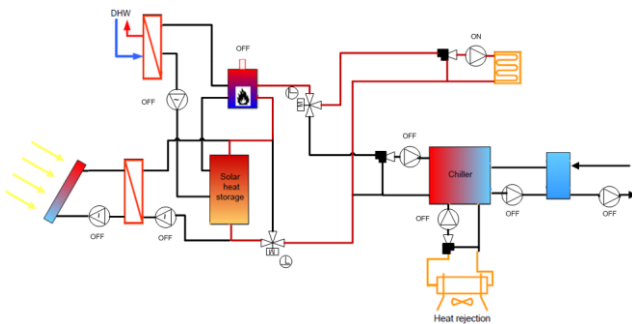
**Modo 1: Aire-acondicionado solar**



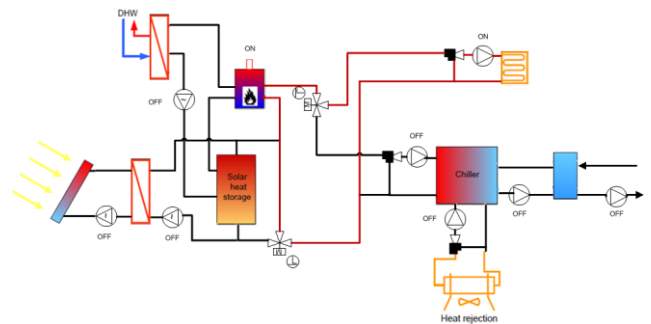
**Modo 2: Aire-acondicionado a través del acumulador**



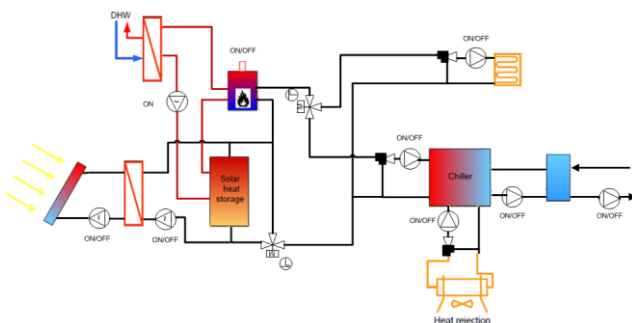
**Modo 3: Aire-acondicionado mediante sistema auxiliar de calentamiento**



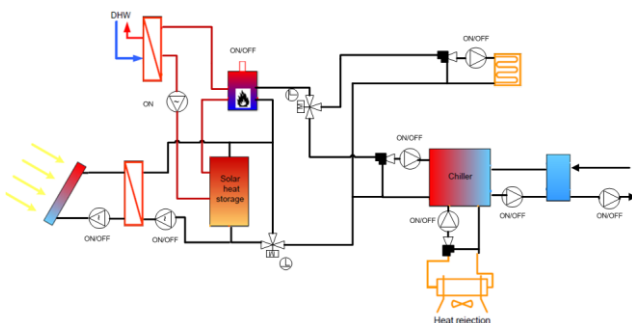
**Modo 4: Calefacción solar**



**Modo 5: Calefacción a través del acumulador**



**Modo 6: Calefacción mediante sistema auxiliar de calentamiento**



**Modo 7: servicio de ACS**

