



Identificación de los mercados más  
prometedores y promoción de sistemas  
estándares para la entrada en el mercado  
de aplicaciones solares de calefacción y  
refrigeración a pequeña escala

---

## **Curso de formación en Sistemas Solar Combi+**

**Sistemas solares de calefacción, ACS y refrigeración**

**- Ricardo Villanueva Ruth Fernández-**

**Instituto Construcción Vitoria-Gasteiz (Avda Huetos N33), 16 octubre 2009**

## O. ÍNDICE

1. Introducción al Proyecto Solar Combi+ ▶
2. REFRIGERACIÓN SOLAR: Conceptos básicos y Mercado ▶
3. Estado del arte de la TECNOLOGÍA ▶
4. Introducción a la tecnología Rotártica ▶
5. ROTARTICA: Componentes, conceptos básicos, funcionamiento e innovaciones del aparato. ▶
6. ROTARTICA: Instalación, puesta en marcha y mantenimiento ▶
7. Consideraciones de diseño ▶
8. Configuraciones básicas SolarCombi+ ▶
9. Resultados de simulaciones sistemas SolarCombi+ ▶
10. Propuesta Solucion Kit Rotartica-SolarCombiPlus ▶
11. Casos prácticos de instalaciones Solar Combi+ ▶

## 0. ÍNDICE

**12.Instalaciones de referencia** ▶

**13. Datos de funcionamiento de instalaciones reales** ▶

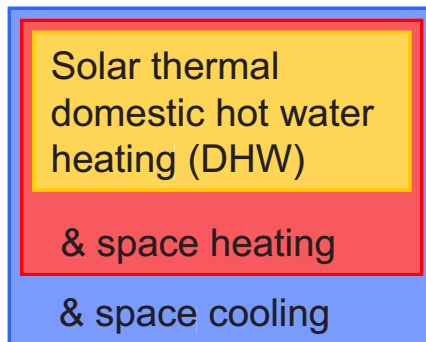
**14. Ejemplos de otras aplicaciones: Microtrigeneración, Biomasa** ▶

## 1. INTRODUCCION AL PROYECTO SOLARCOMBI+(1/3)

**Principal Objetivo:** Identificar y promover sistemas estándares para configuraciones a pequeña escala (hasta 20 kW de capacidad frigorífica) de aplicaciones solares de calefacción , ACS y refrigeración.



= Solar combi systems + solar cooling



DHW

Solar Combi

Solar Combi+

Participantes industriales con una enfriadora con una capacidad frigorífica de hasta 20 kW:



**Participantes:** 12 socios de 7 países (Italia, Austria, Francia, Alemania, Grecia, España, Suecia) incluyendo a 5 productores europeos de enfriadoras a pequeña escala de absorción/adsorción.

**Página web del proyecto:** [www.solarcombiplus.eu](http://www.solarcombiplus.eu)

## 1. INTRODUCCION AL PROYECTO SOLARCOMBI +(2/3)

### RESULTADOS ESPERADOS



Las **Configuraciones de Sistemas Estándares**, que mejor trabajan bajo diferentes condiciones, se describirán en un folleto y se diseminarán entre los profesionales.

Las **Soluciones tipo Kit** desarrolladas para cada enfriadora se expondran en ferias y se enseñarán en **cursos de formación** con este fin ( poniendo especial atención en las empresas solares térmicas y en los instaladores)

Se identificarán los **Mercados más Prometedores** (tanto desde el punto de vista de aplicaciones como de regiones )

Se incrementará el **Conocimiento entre Profesionales**, ofreciendo el acceso a casos virtuales a través de una **herramienta on-line** que permita una decisión rápida sobre la viabilidad del sistema.

Se aumentará el **Conocimiento entre la Autoridades Públicas**, se dará ayuda para la integración de subvenciones y la implementación de EPBD y se iniciarán **instalaciones piloto**.

## 1. INTRODUCCION AL PROYECTO SOLARCOMBI + (3/3)

Este curso de formación se ha desarrollado en el contexto del proyecto Solar Combi +. El proyecto europeo Solar Combi+ tiene como objetivo la identificación de los mercados más prometedores y la promoción de sistemas estándares para la entrada en el mercado de aplicaciones solares de calefacción y refrigeración a pequeña escala.

El proyecto Solar Combi + está subvencionado por el Programa Europeo “Intelligent Energy Europe program (EIE/07/158/SI2.466793)”.

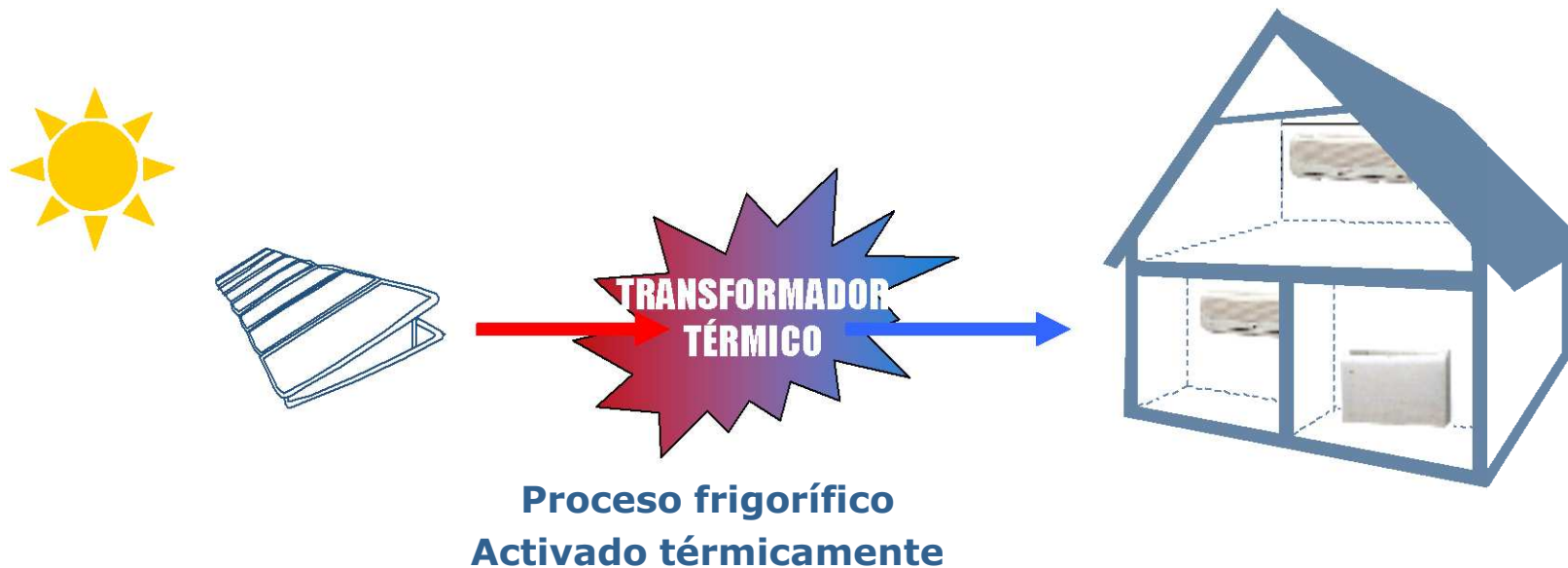
Toda la responsabilidad de este curso de formación está en los autores y no representa la opinión de la Comisión Europea. La Comisión Europea no es responsable de ningún uso que pueda hacerse de la información contenida en esta presentación.



## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Conceptos Básicos (1/9)

**La Refrigeración Solar requiere:**

- Energía Solar Térmica
- Un Transformador Térmico

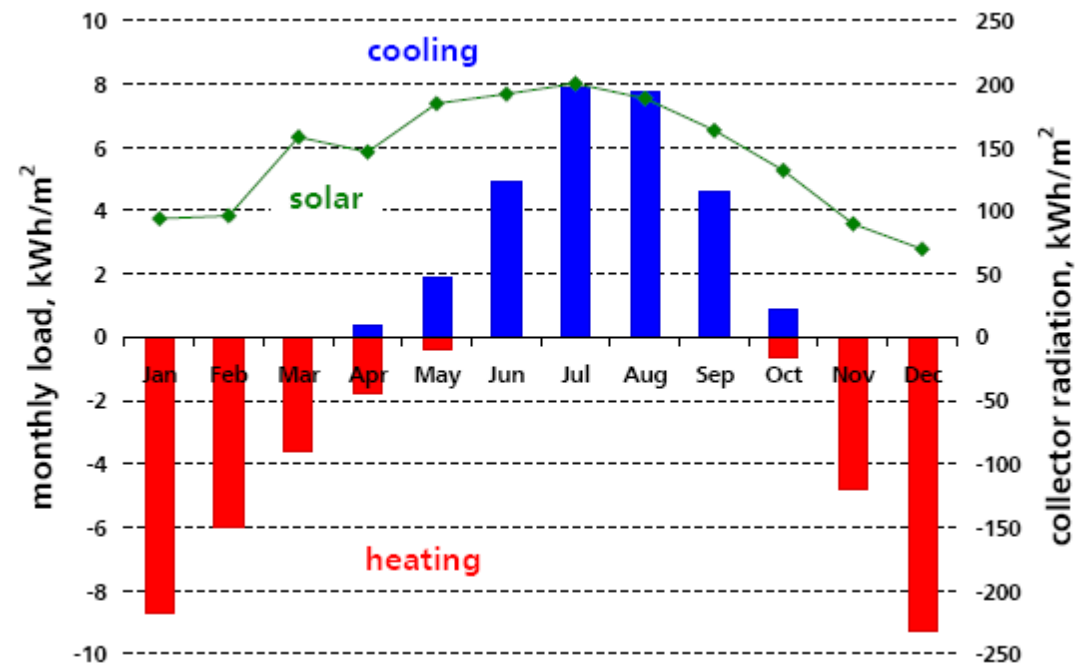




## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Conceptos Básicos (2/9)

### ¿Por que el frío solar?

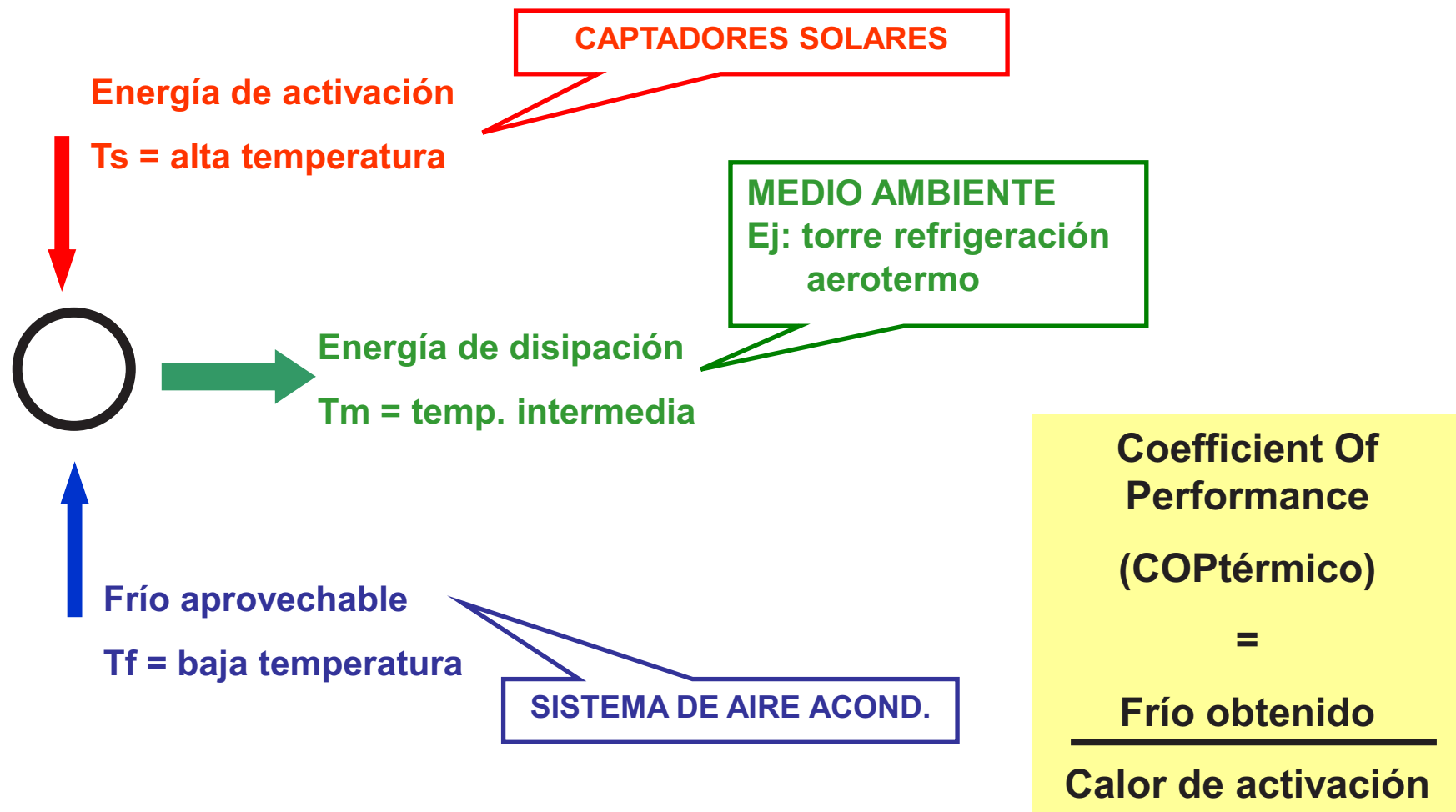
- La época de mayor demanda de frío coincide con el periodo de mayor radiación solar.



Fuente: Henning, Fraunhofer ISE



## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Conceptos Básicos (2/9)



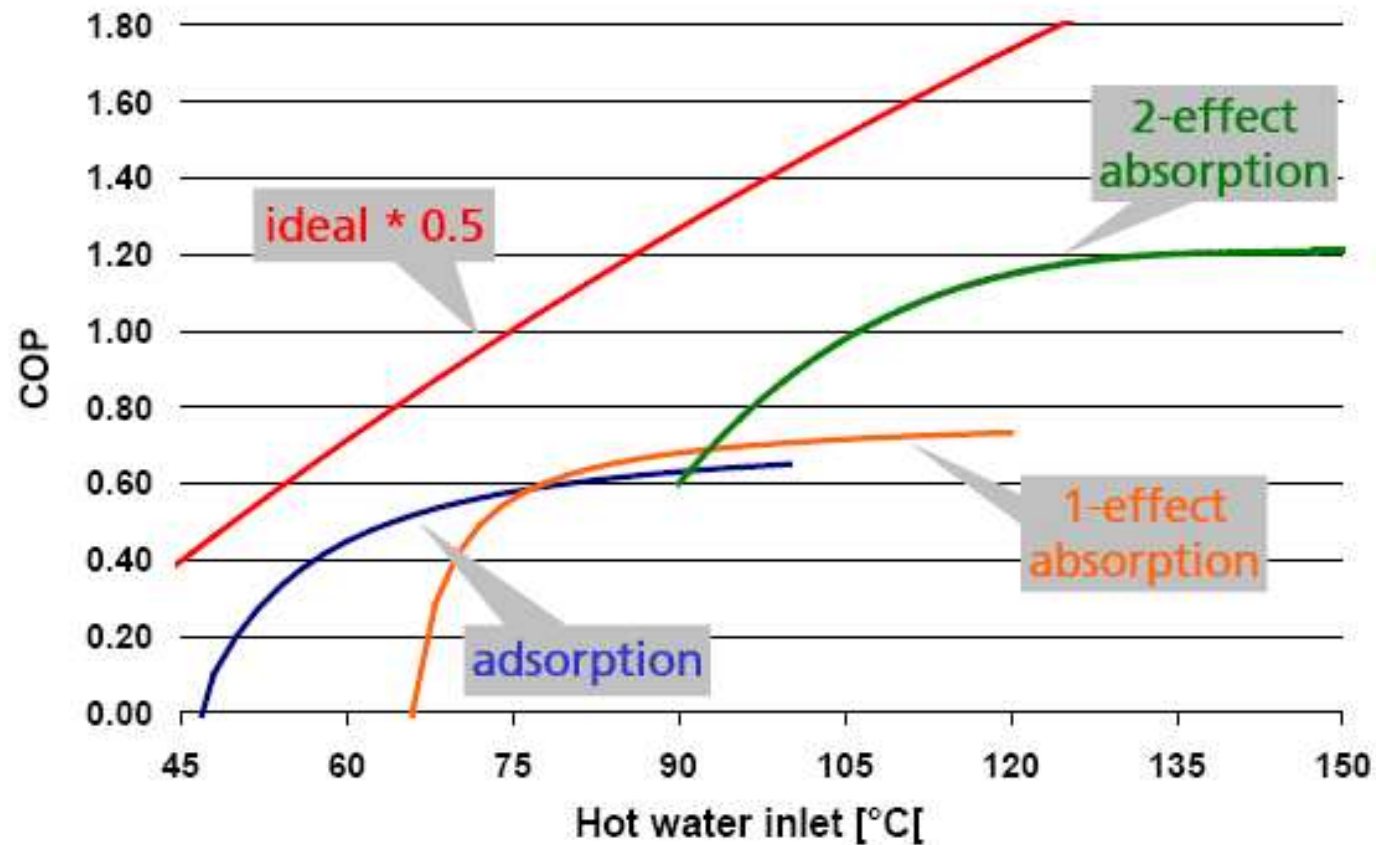
## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Tecnologías existentes (3/9)

### ➤ Enfriadoras de agua activadas térmicamente

- **Absorción Simple Efecto**
  - ➔ Muchos productos >100Kw
  - ➔ Pocos productos <100Kw
  - ➔ Refrigerante/absorbente: agua/LiBr y NH<sub>3</sub>/agua
  - ➔ T<sup>a</sup>activación=80°C
  - ➔ COP=0,7
  
- **Absorción Doble Efecto**
  - ➔ Varios fabricantes
  - ➔ A menudo son de alimentación directa
  - ➔ Casi no productos <100Kw
  - ➔ Refrigerante/absorbente: agua/LiBr casi siempre
  - ➔ T<sup>a</sup>activación=140-160°C
  - ➔ COP=1,1 - 1,2
  
- **Adsorción**
  - ➔ Sistemas comerciales = solo 2 fabricantes japoneses
  - ➔ Refrigerante/adsorbente: agua/Silica Gel

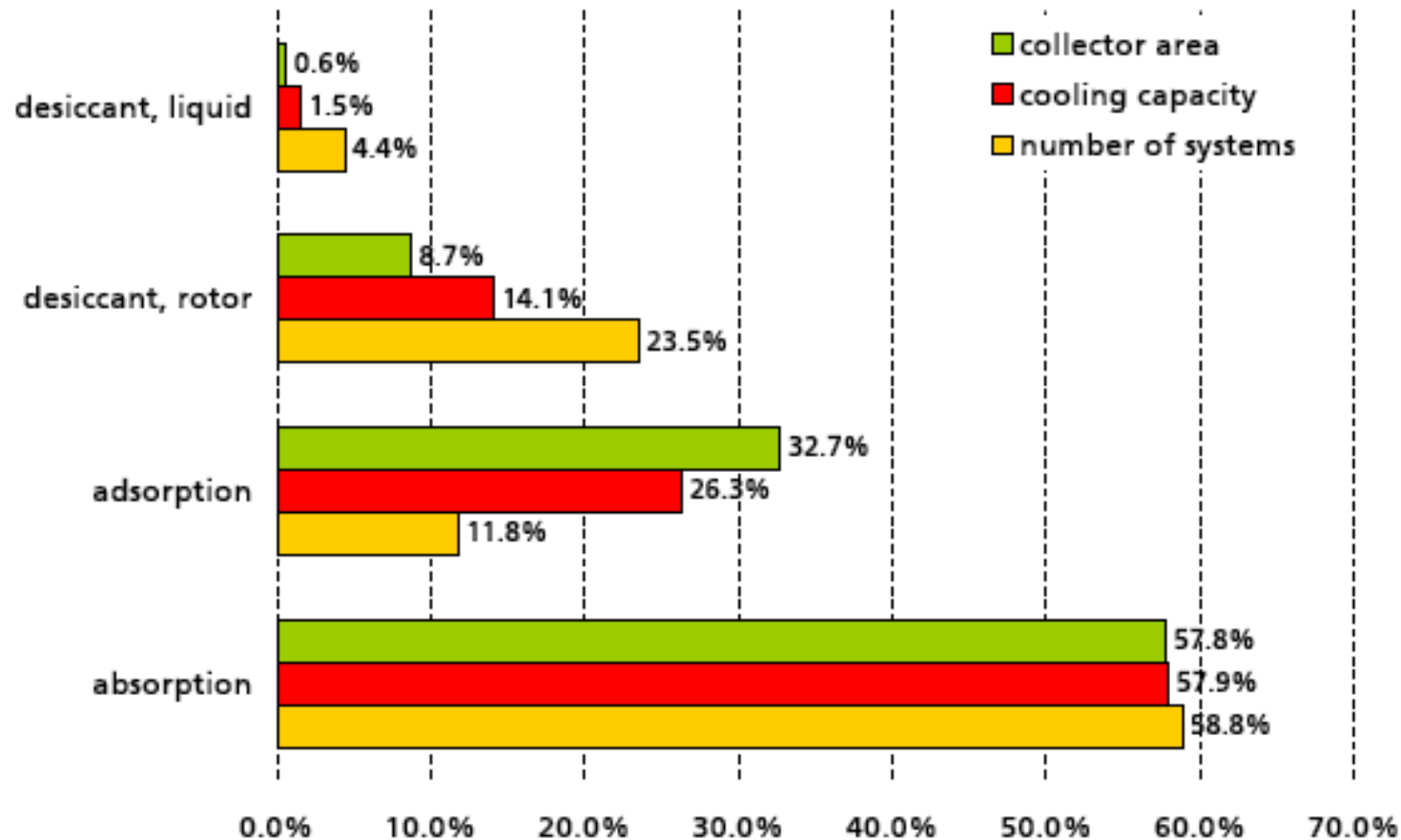
## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Tecnologías existentes (4/9)

### ➤ Enfriadoras de agua activadas térmicamente



## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Mercado (7/9)

### ▪ TECNOLOGÍAS EMPLEADAS



*Fuente: Instituto Fraunhofer*

## 2. REFRIGERACIÓN SOLAR / Mercado (6/9)

- 67 instalaciones en Europa (2004)

- Capacidad de Frío = 6Mw.

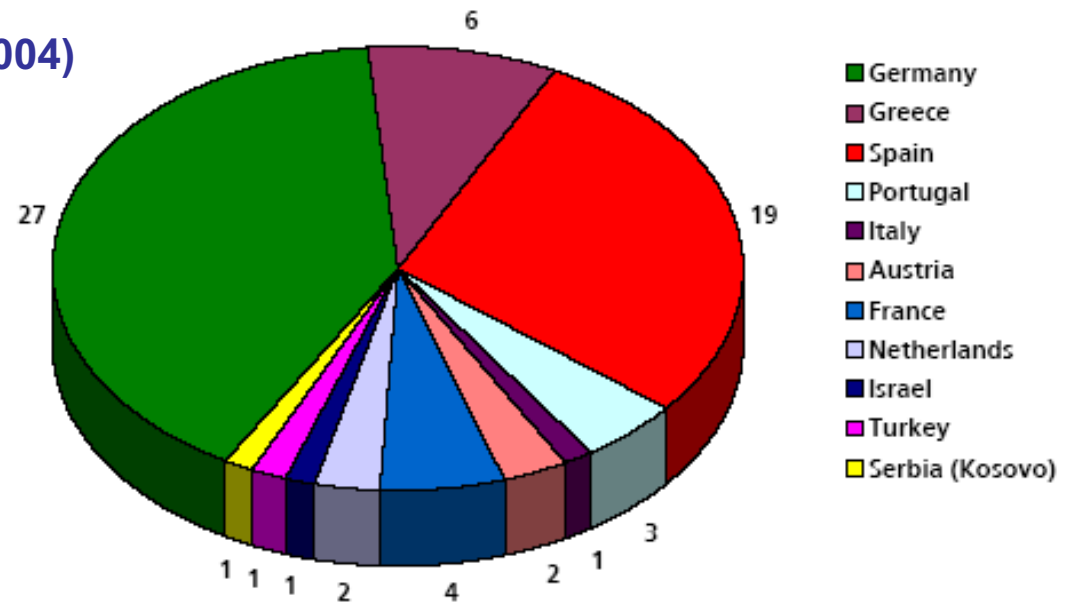
- Superficie captadores solares

= 16.700 m<sup>2</sup>

- Media: Supef. Captación por capacidad frigorífica obtenida:

- 3 m<sup>2</sup> / Kw para enfriadoras de agua

- 10 m<sup>2</sup> / 1000m<sup>3</sup>/h para sistemas desecantes



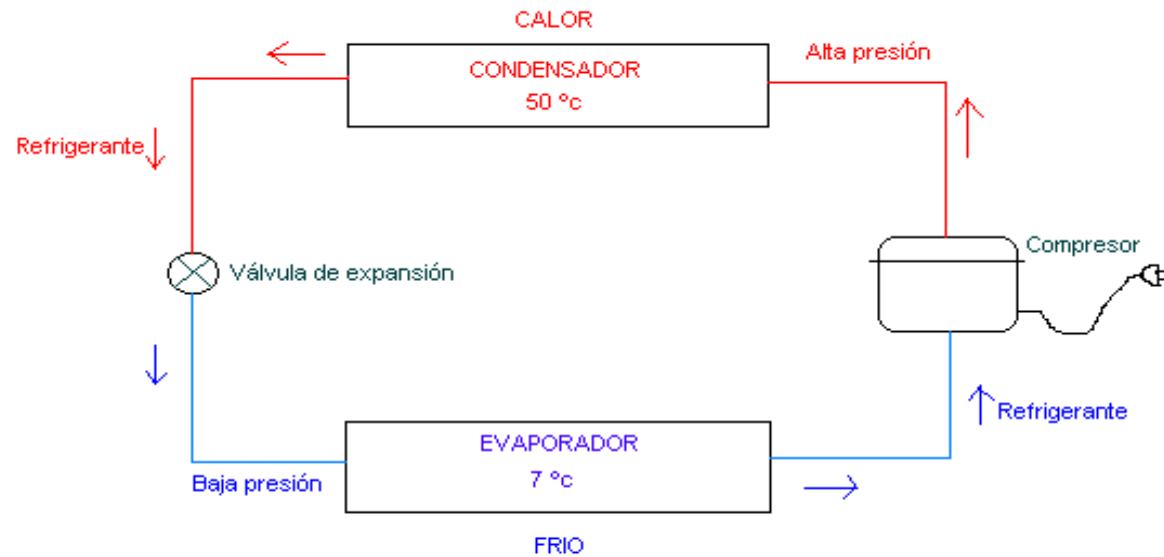
Fuente: Instituto Fraunhofer

### 3. TECNOLOGÍAS / Principios básicos (1/3)

#### 3.1. TECNOLOGÍA BÁSICA DE COMPRESIÓN

Sistemas convencionales, con compresor:

- Elevado consumo eléctrico del compresor.

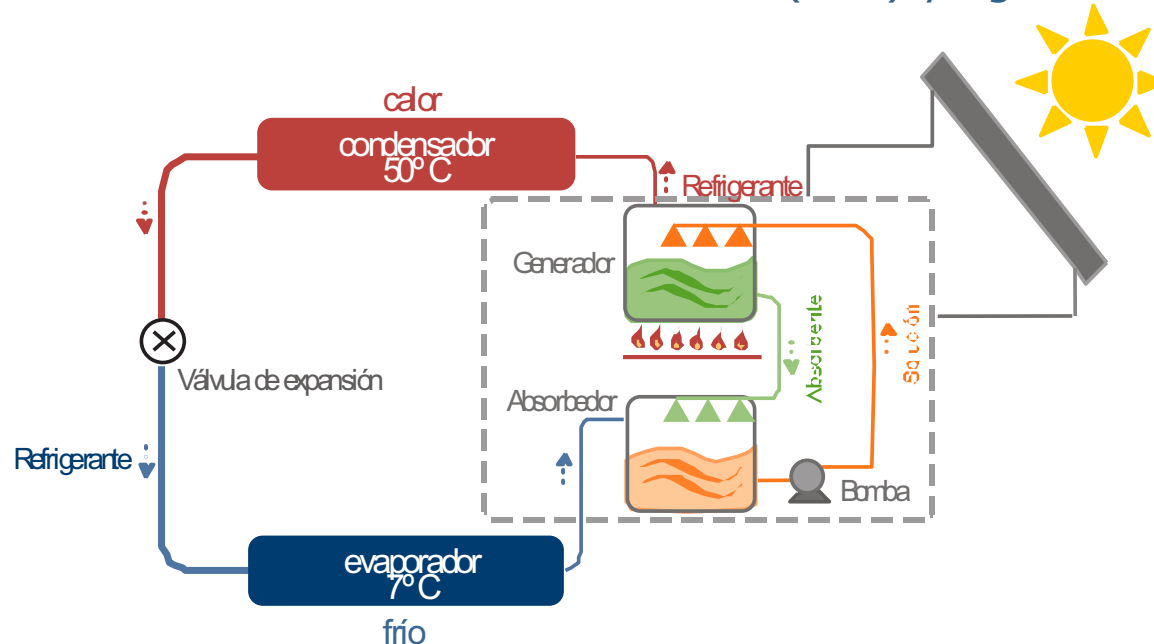


### 3. TECNOLOGÍAS / Principios básicos (2/3)

#### 3.2. TECNOLOGÍA DE ABSORCIÓN:

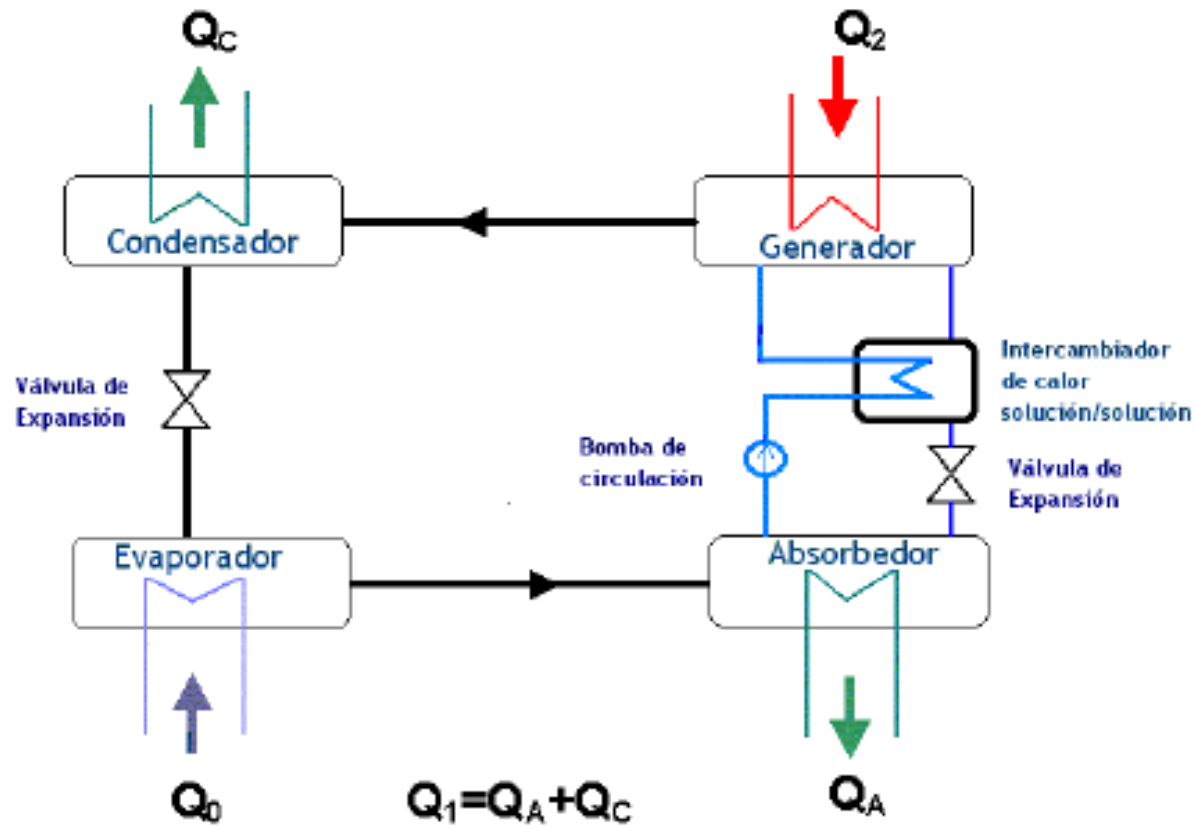
##### Principio de Absorción:

- El ciclo de absorción es similar al de compresión pero no precisa compresor
- Absorción/Desorción Vs. Compresión/Expansión
- El ciclo de absorción está basado en la capacidad de ciertas sales de absorber fluido refrigerante
- ROTARTICA utiliza una sal no tóxica (LiBr) y agua como refrigerante





## Ciclo de absorción



## **Pares refrigerante/absorbente más comunes**

### **El sistema $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ se usa básicamente en enfriadoras de agua**

Aplicaciones que requieren enfriamiento a temperaturas superiores a  $5^\circ\text{C}$

Las presiones de operación del ciclo son de un vacío extremo en algunos componentes

Diferencia de temperaturas existentes entre la evaporación y condensación-absorción se ve limitada por la cristalización de las soluciones salinas

Necesidad de disipación de calor mediante agua de torre

Elevada entalpía de vaporización del agua

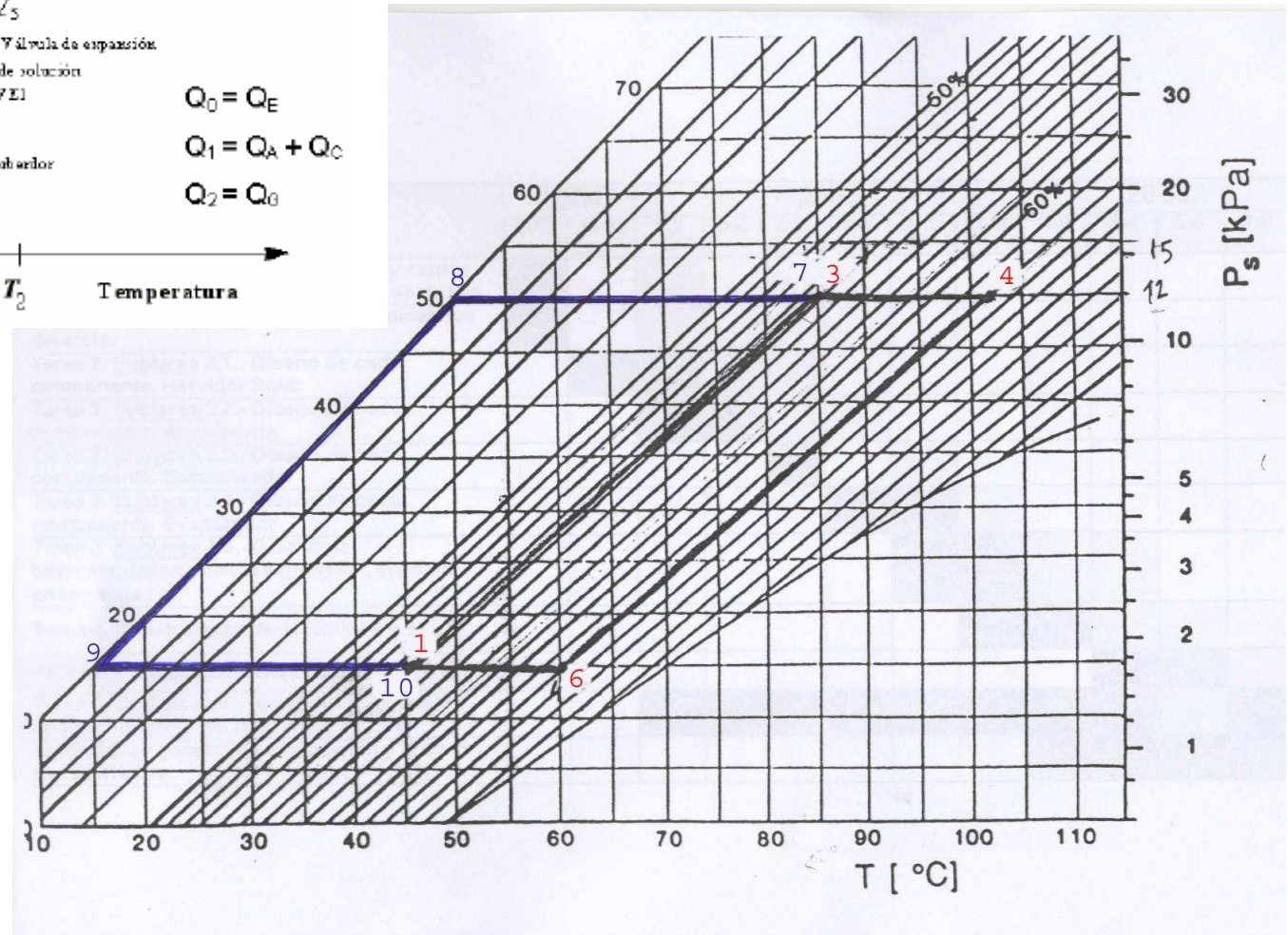
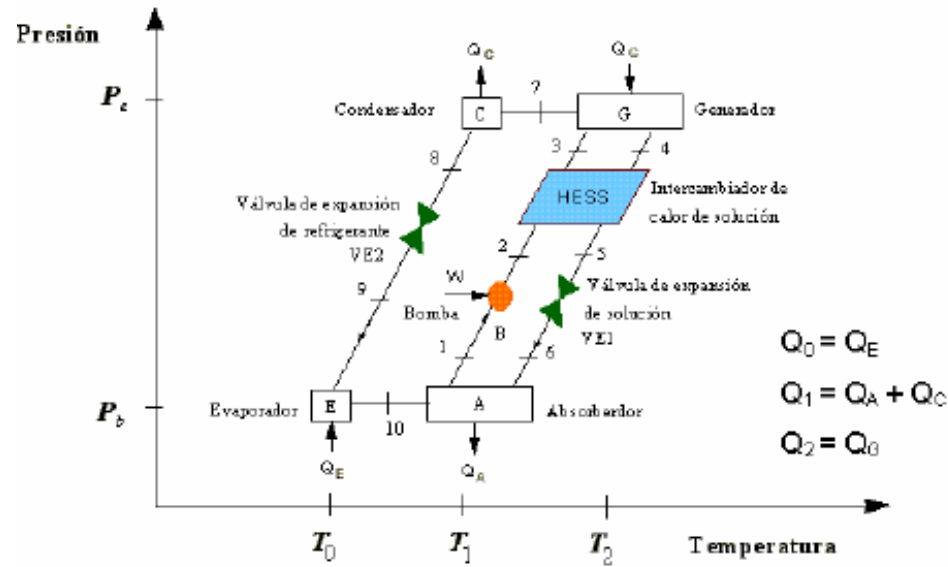
No tóxico ni inflamable

### **El sistema $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ se usa principalmente en refrigeración**

Fluidos naturales (ninguna carga medio ambiental para la capa de ozono y el efecto invernadero)

Uso penalizado por la toxicidad del amoníaco, las elevadas presiones de operación y la rectificación

## Ciclo de absorción

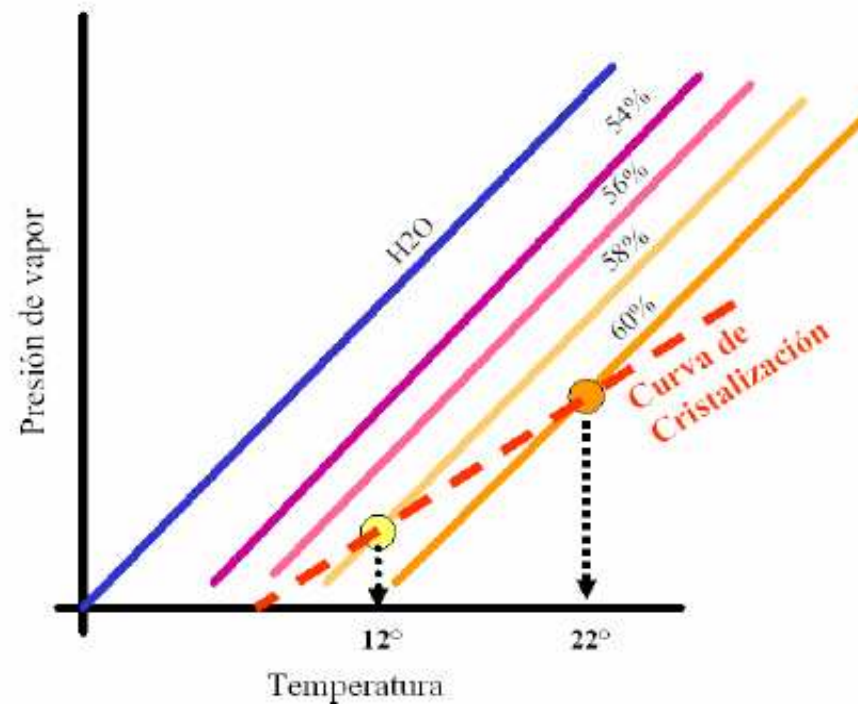


## Disolución salina

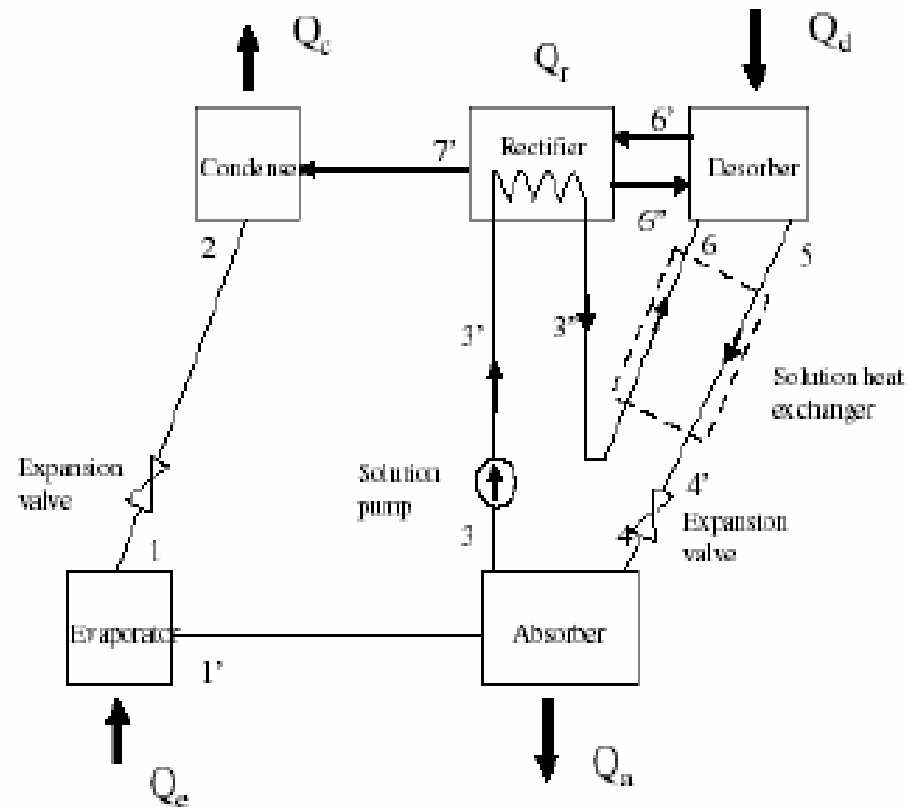
### Cristalización

En las disoluciones salinas, la sal precipita cuando su concentración excede el límite de solubilidad.

El límite de solubilidad depende mucho de la temperatura y apenas de la presión.

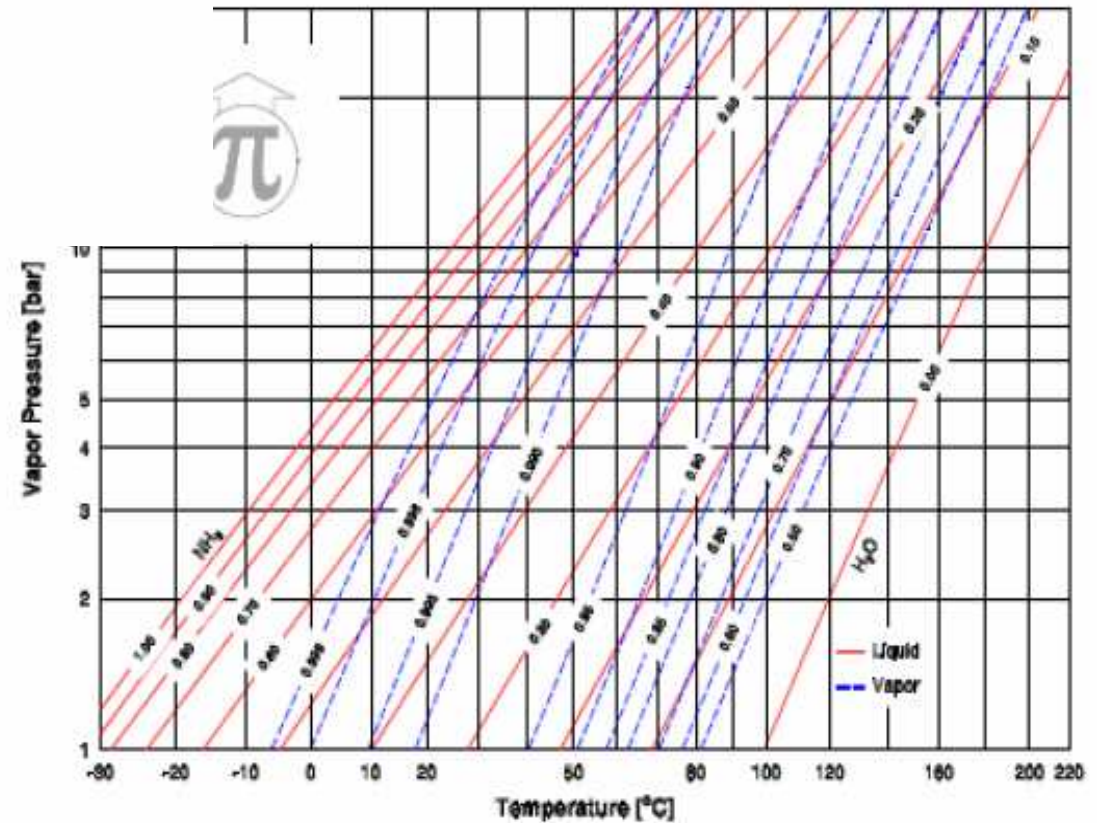






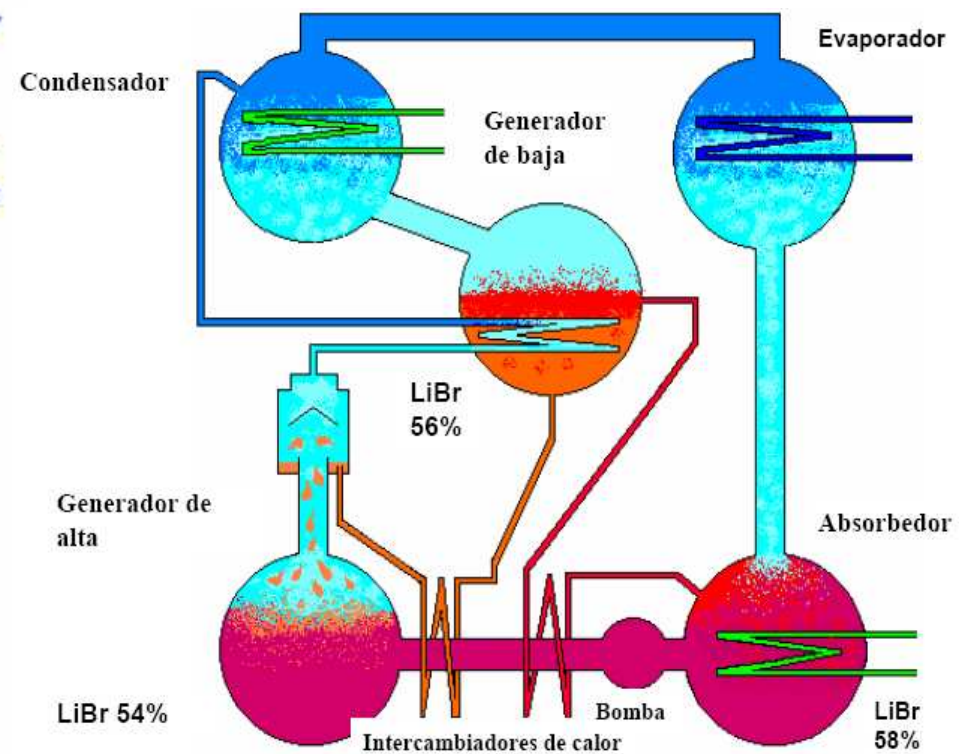
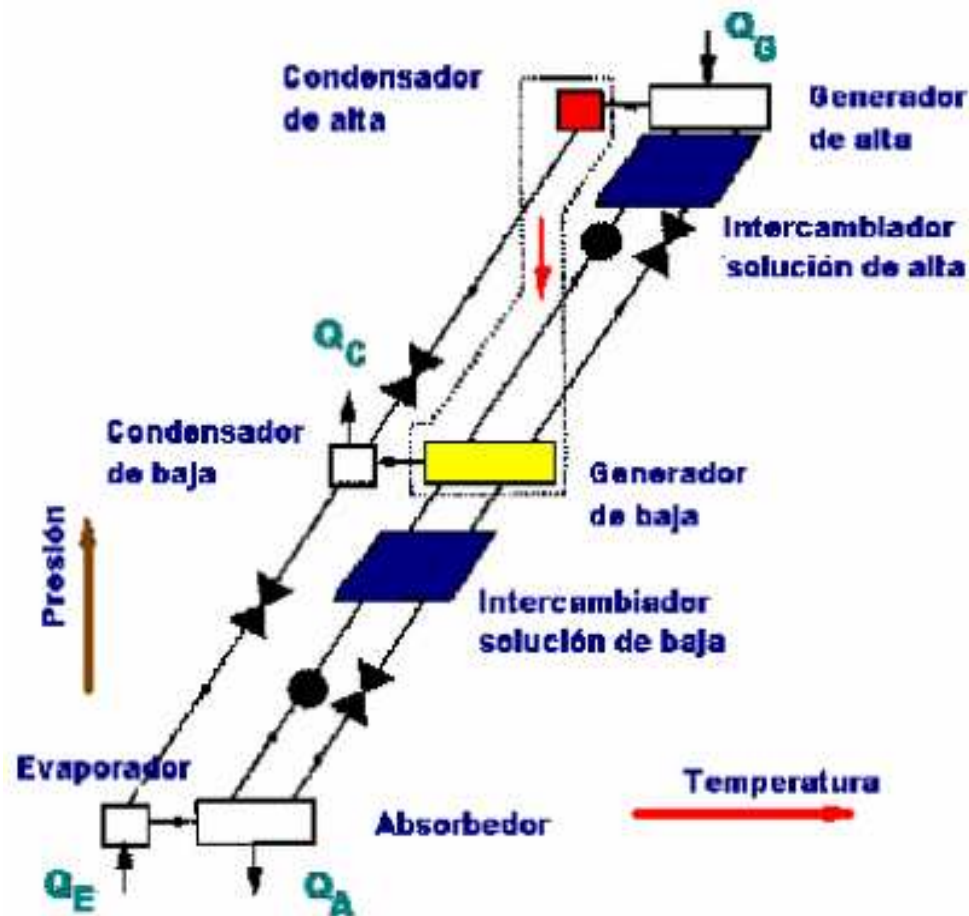
# H2O / NH3

Necesaria rectificación



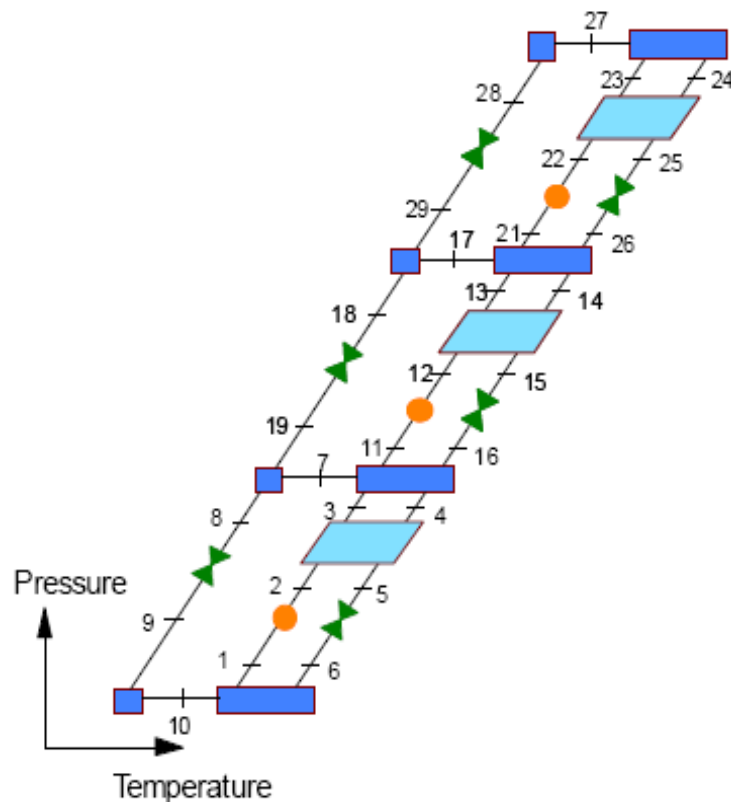
## Ciclos de absorción multietapa

Doble efecto. Calor suministrado a aprox. 170 °C. Calor disipado por el condensador se emplea en el segundo generador a un nivel térmico mas bajo. COP cercano a 1.2.



Ciclos de absorción triple efecto. En pleno desarrollo

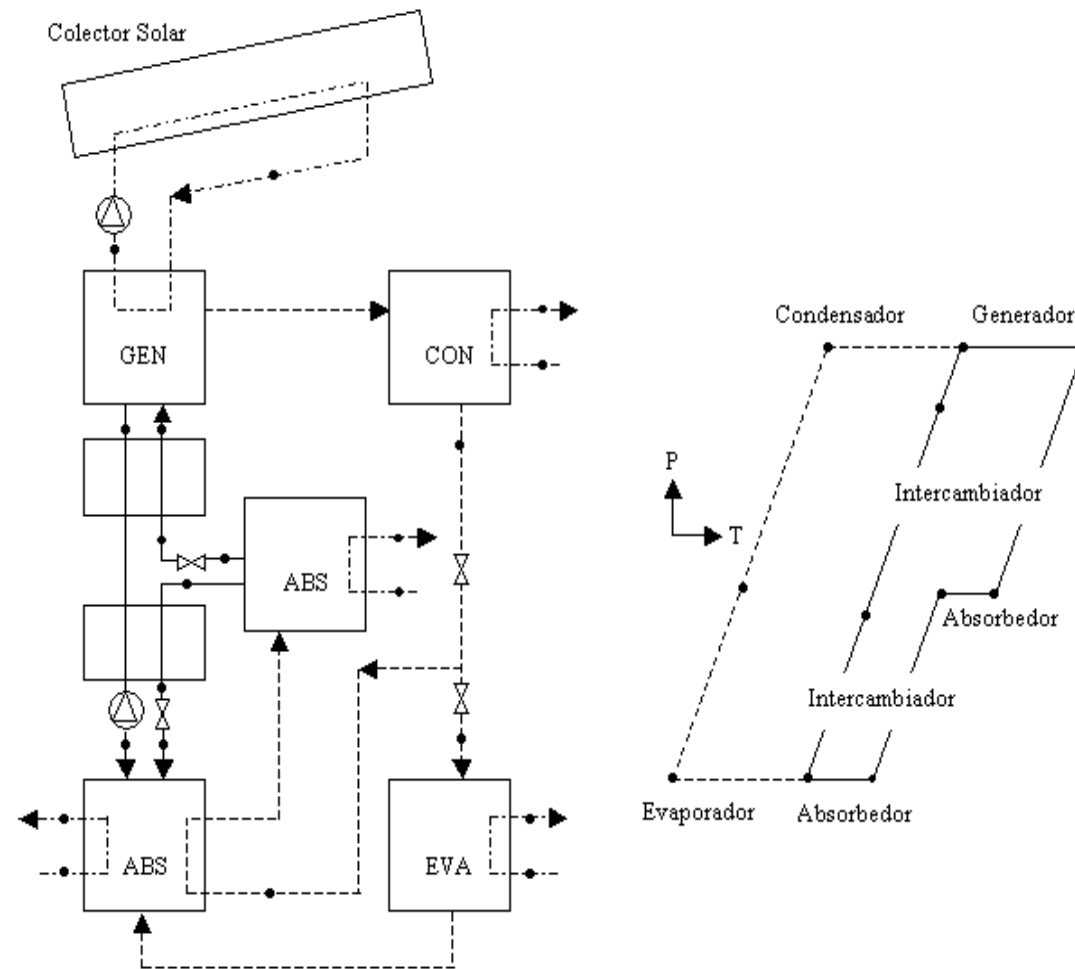
## Triple Effect Absorption Cycle



Ciclo	COP	Demanda energética espec. $Q_2/Q_0$
Simple efecto	0,75	1,33
Doble efecto	1,2	0,83
Triple efecto	1,5	0,67



Ciclo de absorción half-effect. Consiste en ceder parte del efecto útil para enfriar equipos del propio ciclo

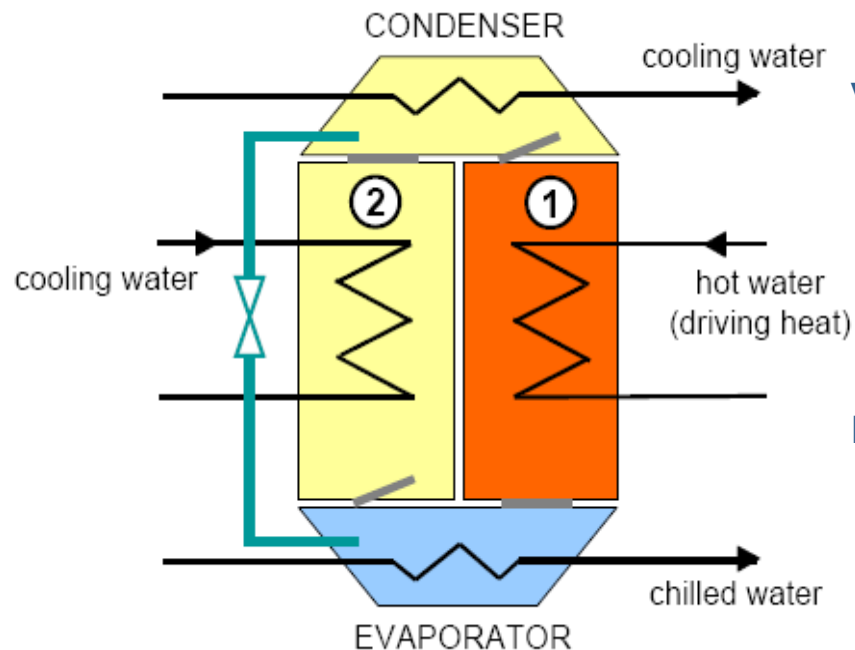


### 3. TECNOLOGÍAS/Principios básicos (3/3)

#### 3.3 TECNOLOGÍA DE ADSORCIÓN:

##### Principio de Adsorción:

- Tampoco precisa compresor.
- El compuesto sorbente es sólido: silica gel.



##### Ventajas:

- No peligro de cristalización.
- Robustez mecánica de las máquinas.
- No bomba interna de solución, menos consumo eléctrico.

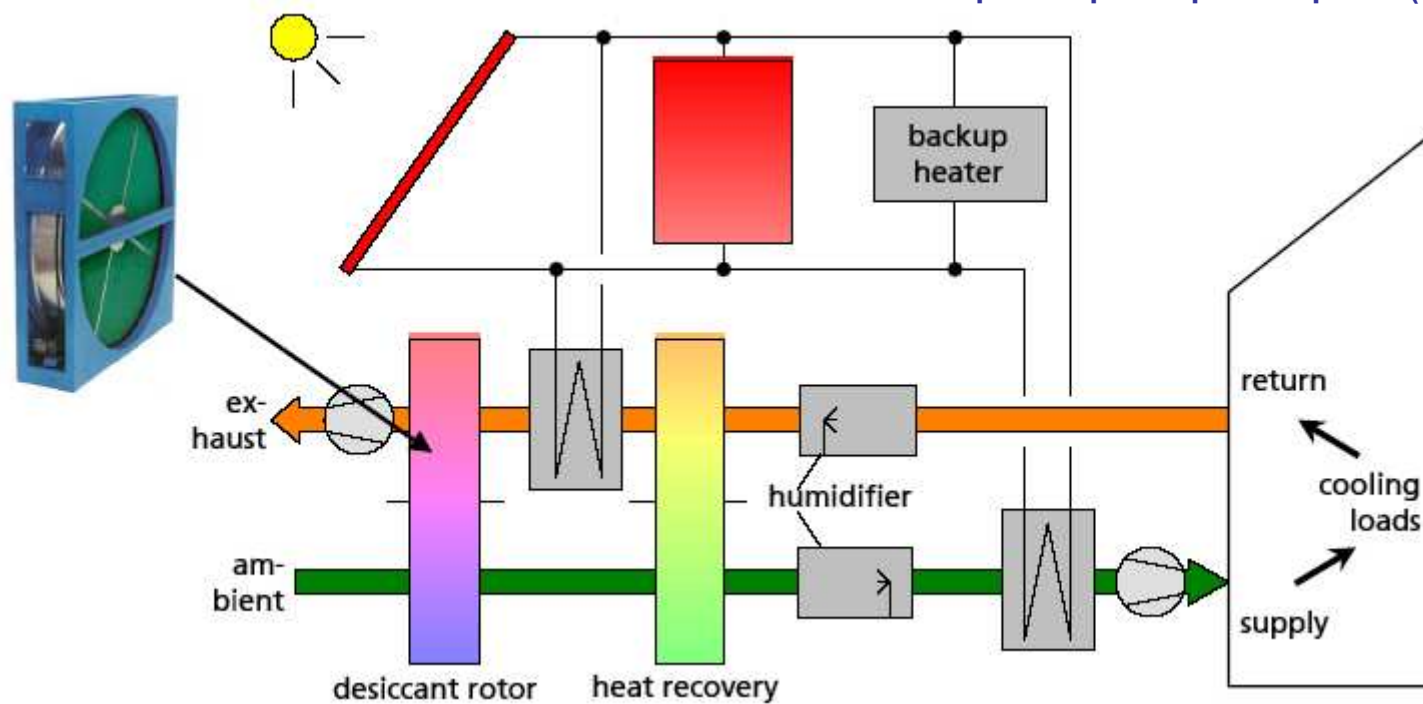
##### Desventajas:

- Gran volumen y peso.
- Muy caras, poca oferta.

### 3. REFRIGERACIÓN SOLAR / Tecnologías existentes (5/9)

#### ➤ Sistemas desecativos:

- Consisten en una combinación de enfriamiento por evaporación y la deshumidificación del aire.
- Principalmente 2 tecnologías
  - Rotores desecativos (silica gel)
  - Desecantes líquidos: pocas plantas piloto (LiCl)

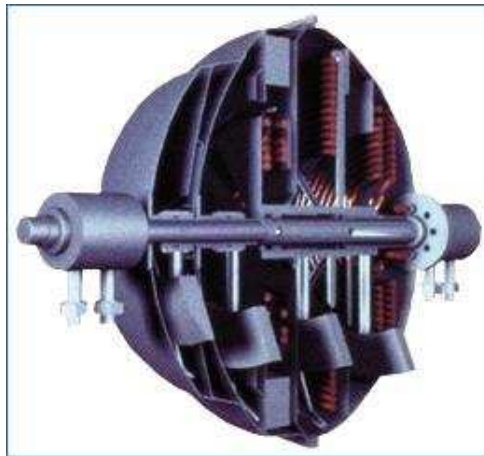


## 4. INTRODUCCION TECNOLOGÍA ROTARTICA (2/3)

La tecnología ROTARTICA está basada en un ciclo de absorción que tiene lugar dentro de una cámara estanca sellada al vacío.

Toda la unidad gira para optimizar los procesos de transferencia de masas y calor, con lo que:

- El peso y tamaño de la unidad disminuye.
- El rendimiento del sistema se incrementa.
- El gradiente térmico se incrementa con lo que no es necesaria la torre de refrigeración.



## 4. INTRODUCCION TECNOLOGÍA ROTARTICA (3/3)

### PRODUCTOS: UNIDAD PRINCIPAL

#### ROTARTICA SOLAR 045v



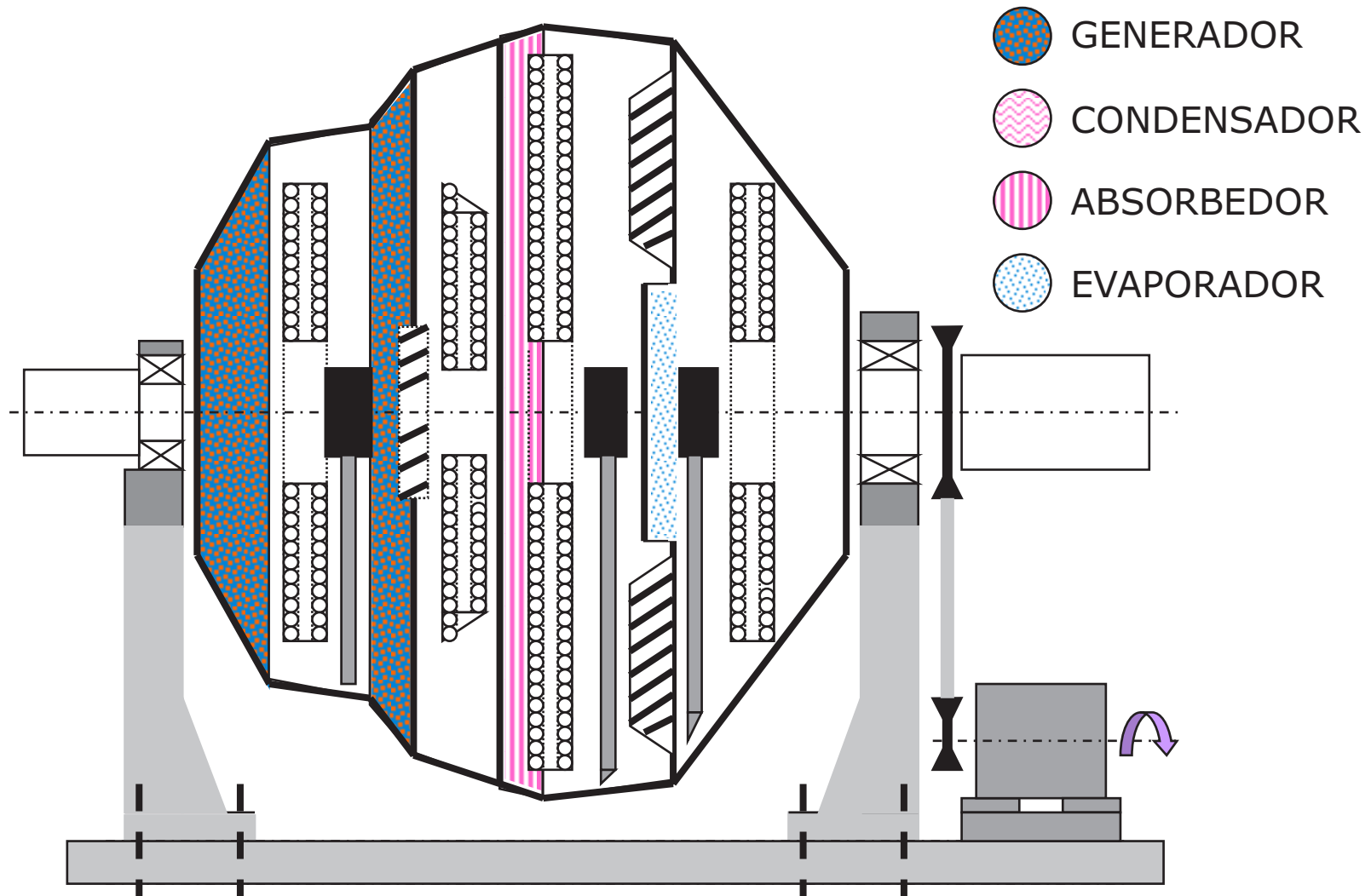
- Modelo con aerotermo incorporado.
- Refrigeración.
- Instalación exterior.

#### ROTARTICA SOLAR 045



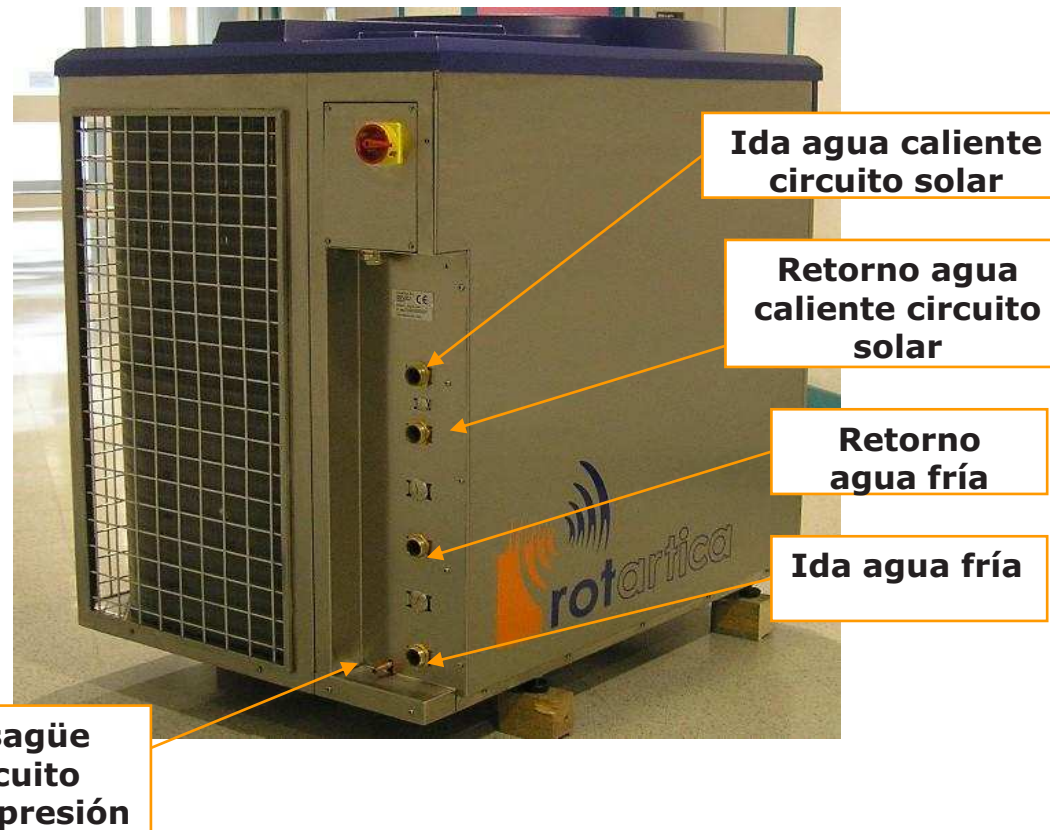
- Modelo sin aerotermo.
- Refrigeración y bomba de calor.
- Instalación interior.

## 5. ROTARTICA / Componentes (1/7)



## 6. ROTARTICA / **Instalación** (1/9)

### - CONEXIONES HIDRAÚICAS MODELO ROTARTICA SOLAR 045v

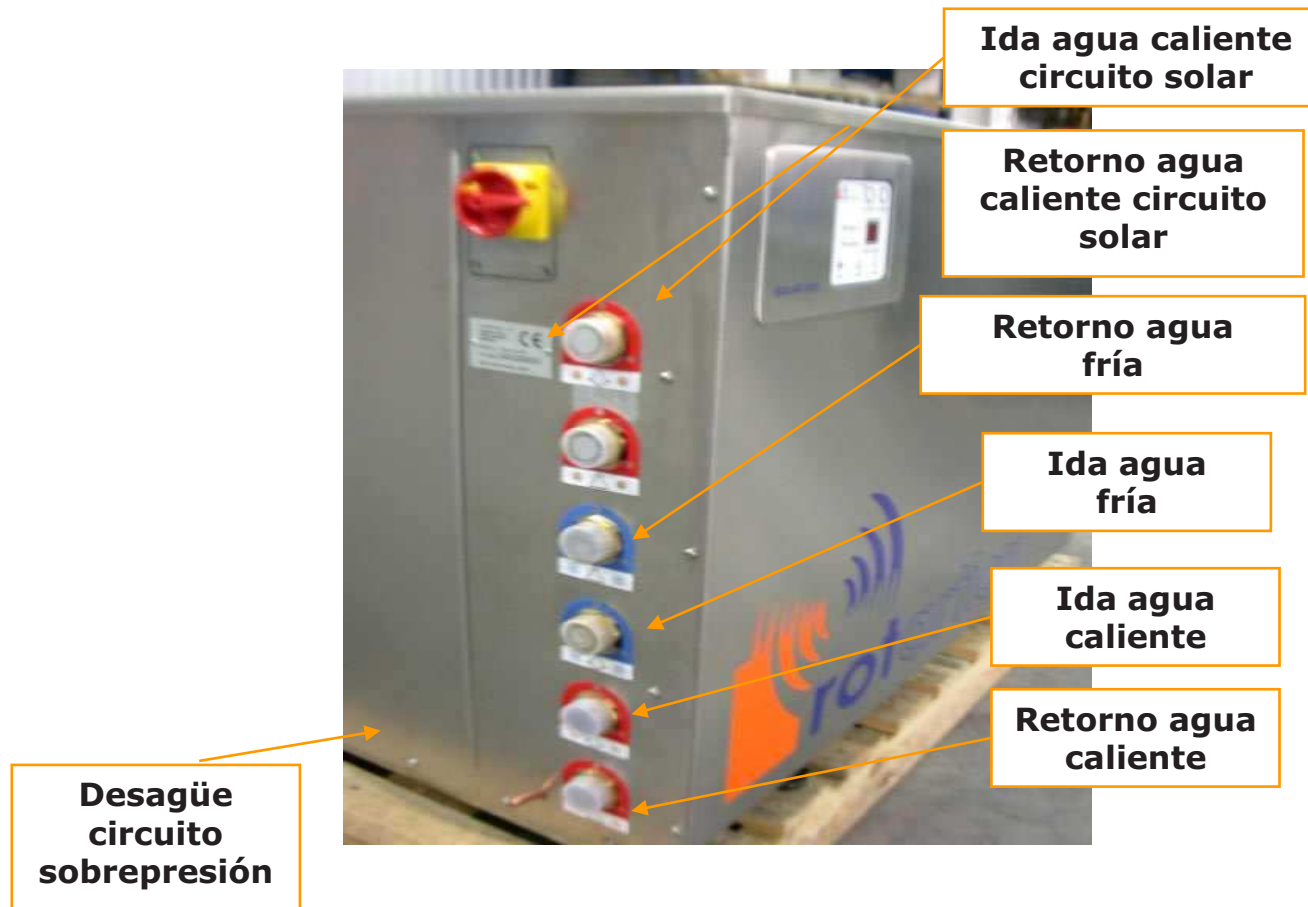


**AISLAR LATIGUILLOS DE ENTRADA AL APARATO PARA EVITAR QUEMADURAS.**



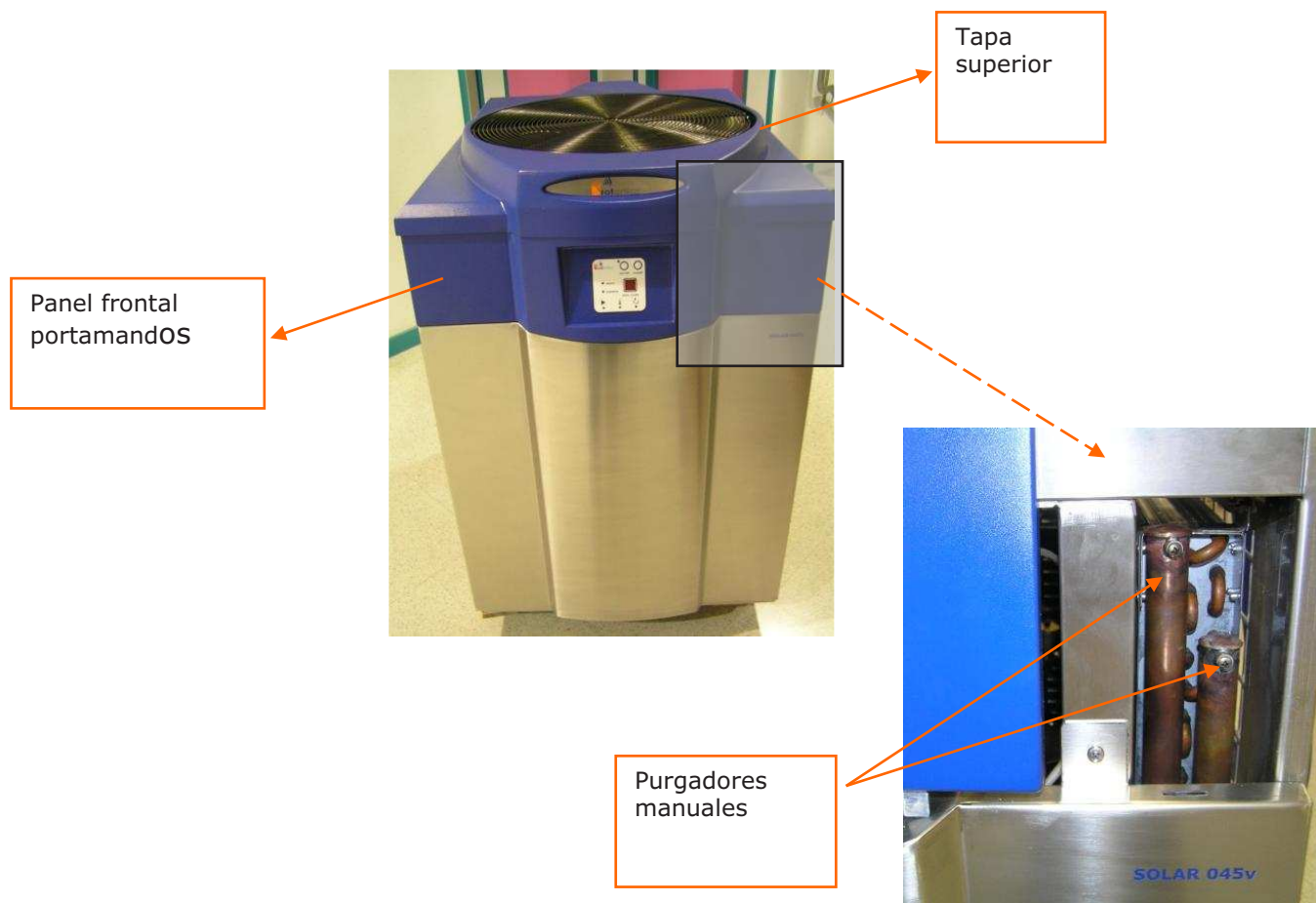
## 6. ROTARTICA / **Instalación** (2/9)

### - CONEXIONES HIDRAÚLICAS MODELO ROTARTICA SOLAR 045



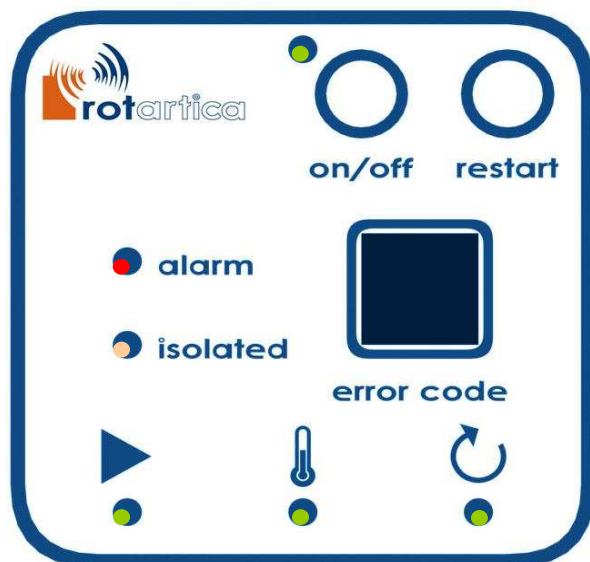
## 6. ROTARTICA / **Puesta en marcha** (5/9)

### PURGADO DE CIRCUITOS

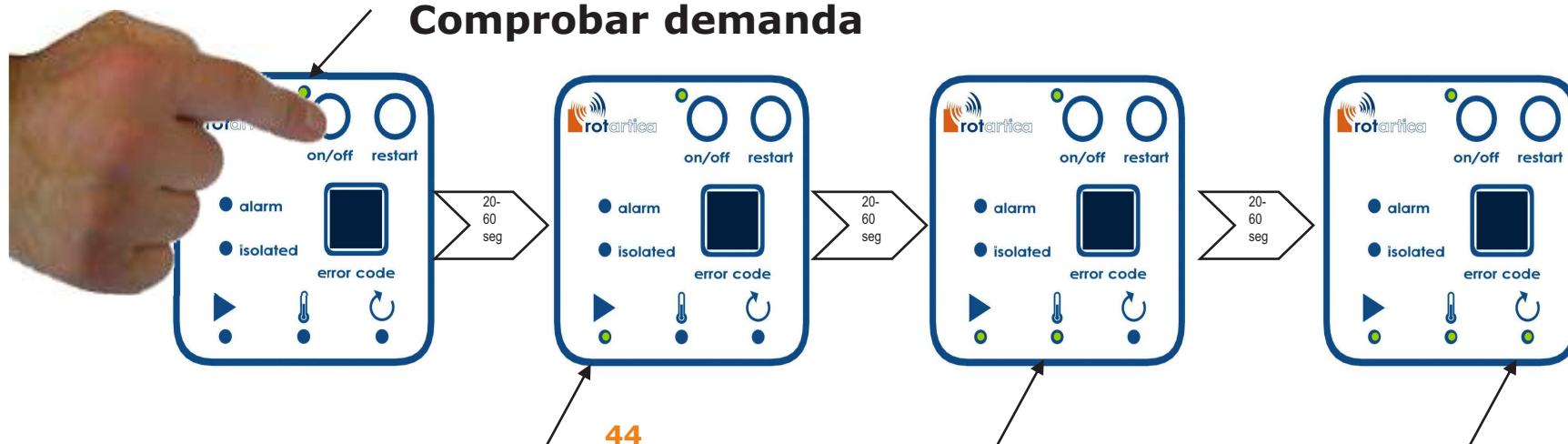


## 6. ROTARTICA / Puesta en marcha (6/9)

### PORTAMANDOS



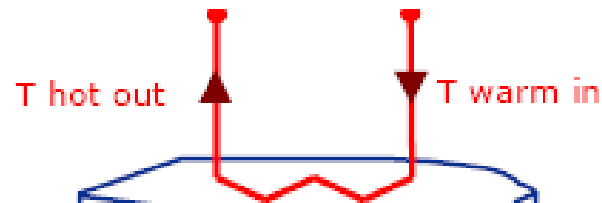
### Comprobar demanda



## 6. ROTARTICA / Condiciones de funcionamiento (7/9)

### CIRCUITO DE DISIPACIÓN

- Q min = 25 l/min
- Q diseño = 33 l/min

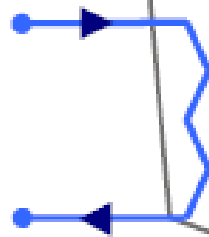


### CIRCUITO AGUA FRÍA

- Q min = 20 l/min
- Q diseño = 26 l/min

T cool in

T Chill out

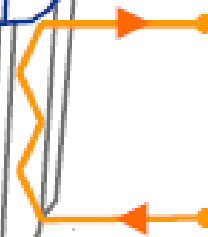


### CIRCUITO SOLAR

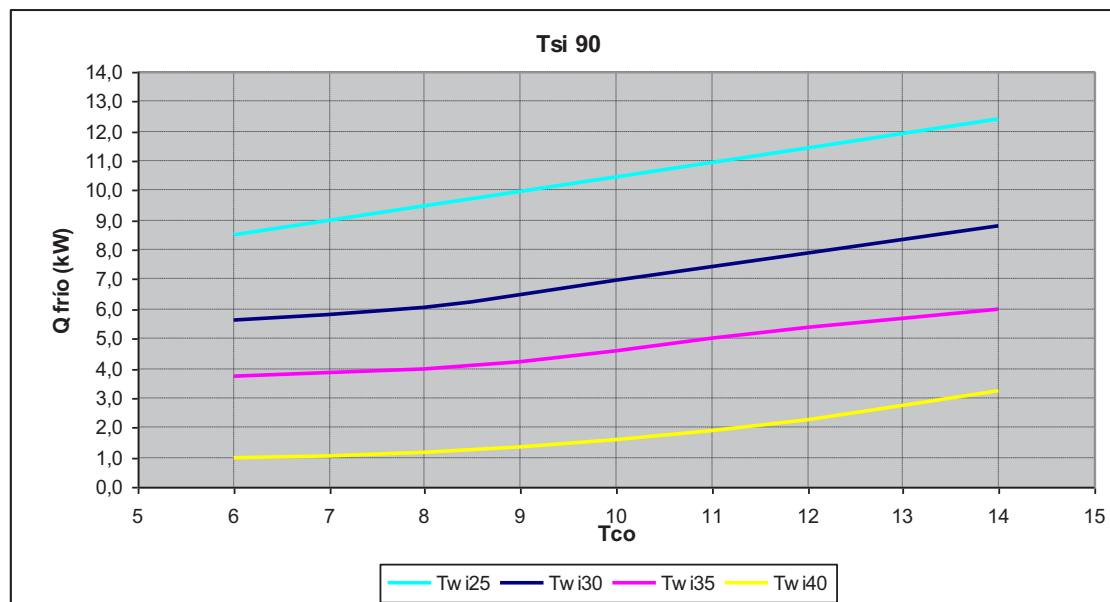
- Q min = 10 l/min
- Q diseño = 15 l/min
- T max = 108°C
- T arranque = 80°C

T Sun out

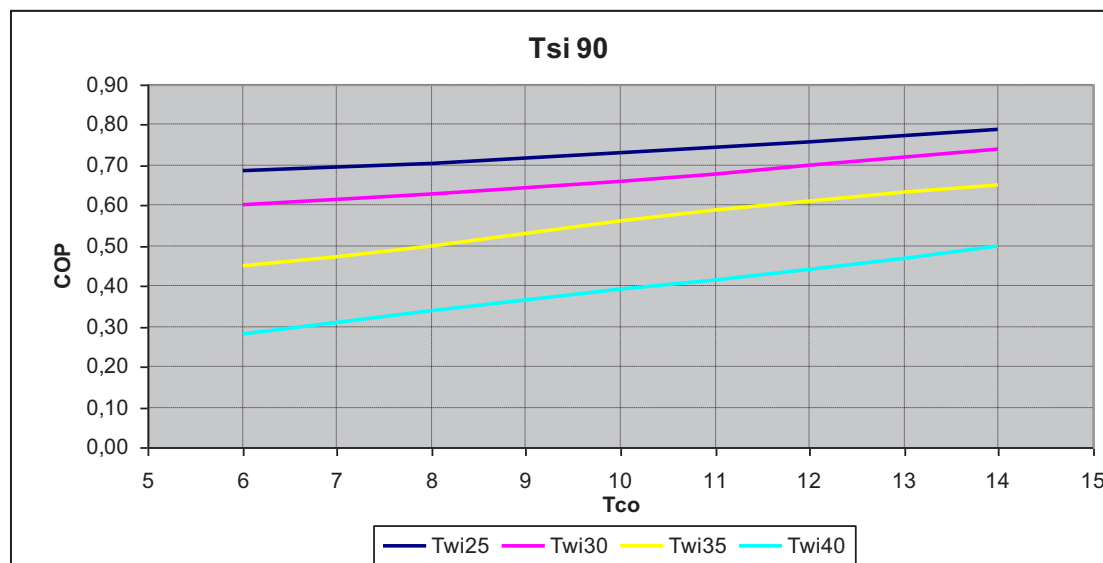
T Sun in



## 6. ROTARTICA / Condiciones de funcionamiento (9/9)

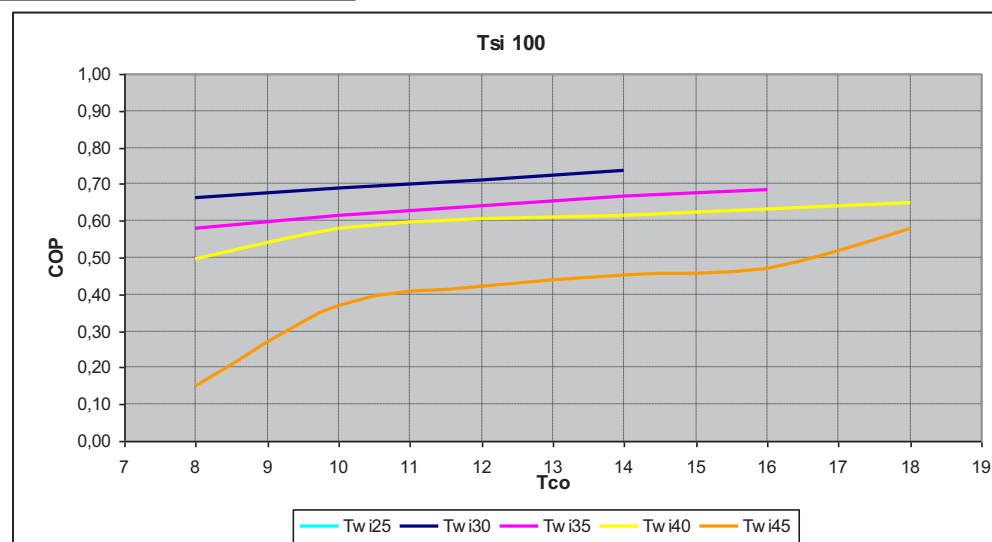
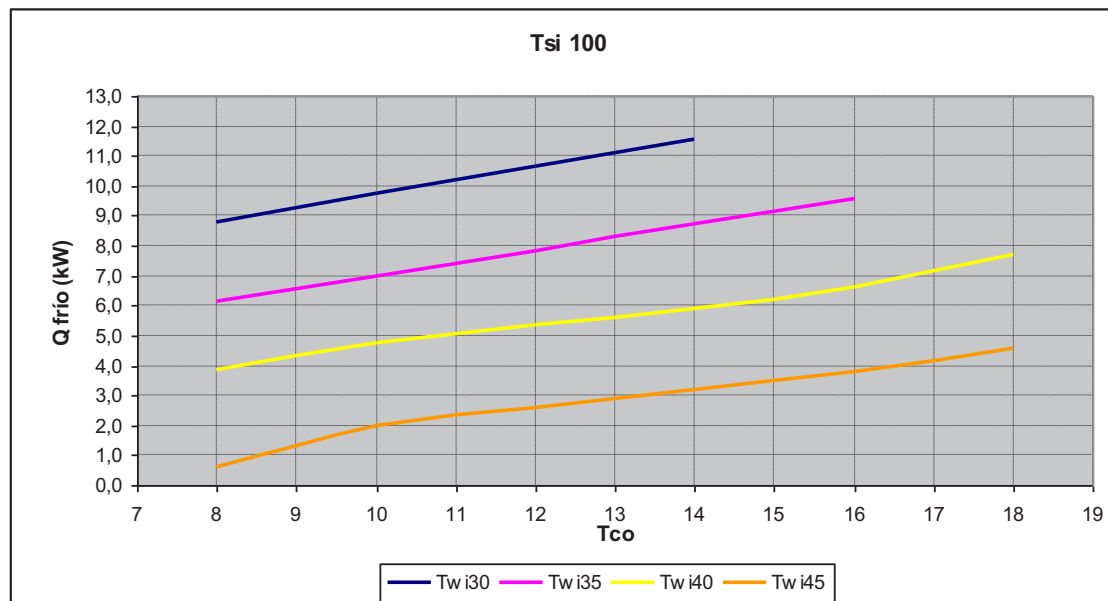


**CURVAS a 90°C**



## 6. ROTARTICA / Condiciones de funcionamiento (8/9)

**CURVAS a 100°C**



## Otros fabricantes

- Yazaki : <http://www.yazaki.com/>
- Climatewell : <http://www.climatewell.com/>
- Pink
- Board : <http://www.broad.com/>
- Thermax :  
<http://www.thermaxindia.com/Absorption-Cooling.aspx>
- Robur : <http://www.robur.com/>



## 7. CRITERIOS DE DISEÑO / Criterios básicos (1/7)

### 7.1 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO:

- Se dará **prioridad** a las aplicaciones de **menor temperatura**, ya que son las que permiten obtener mayores rendimientos de los paneles.
- Debido a que las aportaciones solares, habitualmente no coinciden con los horarios de servicio, se dispondrán **depósitos de acumulación**.
- Las instalaciones se preverán con **energía de apoyo**, ya que en caso contrario se tendrá una instalación sobredimensionada, la mayor parte del año.

## 7. CRITERIOS DE DISEÑO / **Criterios básicos** (2/7)

### CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO:

Las instalaciones térmicas solares son  
FUNDAMENTALMENTE instalaciones  
hidráulicas, con los mismos problemas que las  
instalaciones tradicionales de calefacción

## 7. CRITERIOS DE DISEÑO / Criterios básicos (3/7)

### CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO:

- Los paneles solares son equipos de producción de calor; para su instalación se requieren los mismos elementos de seguridad que para las calderas: **Válvulas de seguridad y expansión.**
- Se trata de circuitos hidráulicos en los que se debe cuidar especialmente la eliminación del aire, ya que los paneles suelen estar en la cubierta de los edificios: **Purgadores.**
- Deben dotarse de **vaciados y llenados.**
- Al ser su ubicación exterior se debe cuidar especialmente los posibles problemas de congelación del agua; por lo que en muchas ocasiones se les debe añadir **anticongelante.**