

# METODOS DE PRODUCCION DE FRIO APLICADOS EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

## 1.- Introducción

Transporte de energía térmica desde un foco a baja temperatura a otro a alta temperatura; para ello es necesario la aportación de energía.

Interviene un fluido, refrigerante, que sufre una serie de transformaciones termodinámicas a lo largo de un determinado ciclo de funcionamiento. Cada refrigerante tiene un comportamiento definido y diferente.

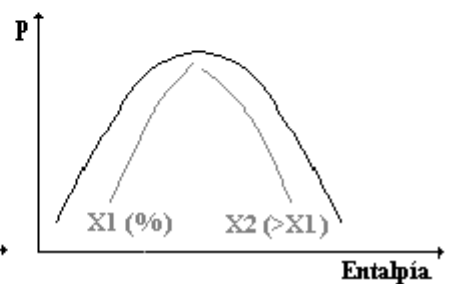
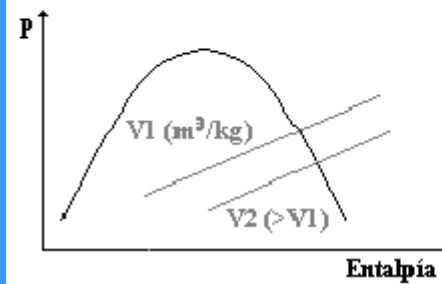
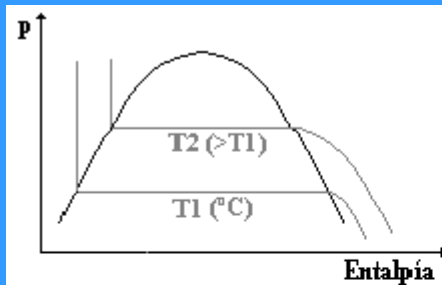
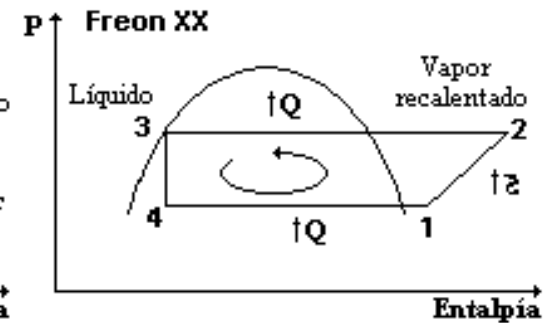
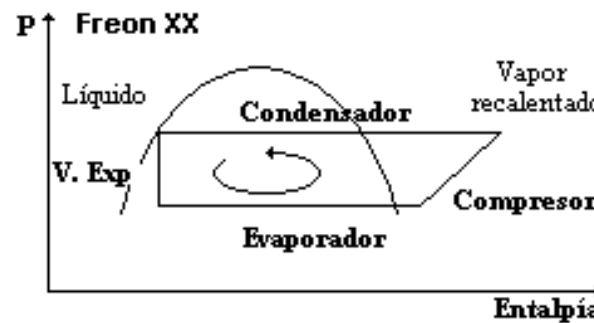
Los métodos empleados para la producción de frío aplicado en el aire acondicionado se basan en tres sistemas:

- el ciclo de compresión del vapor,
- el ciclo de absorción y
- la refrigeración evaporativa.

## 2.- Refrigeración por compresión (I)

Basado en los cambios de estado (líquido-vapor y vapor-líquido) de una sustancia (fluido refrigerante).

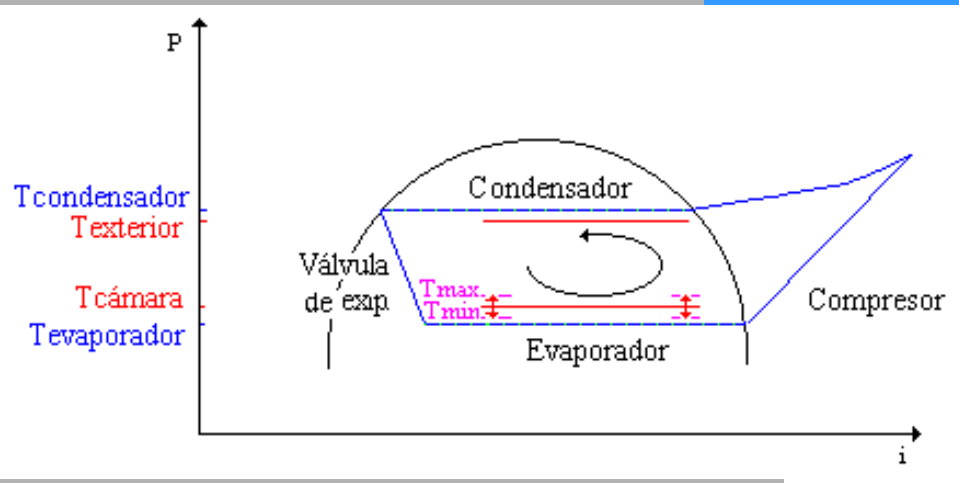
- Compresión
- Condensación
- Expansión
- Evaporación



$$COP = \frac{\text{Calor Extraído } (i_1 - i_4)}{\text{Trabajo Compresor } (i_2 - i_3)}$$

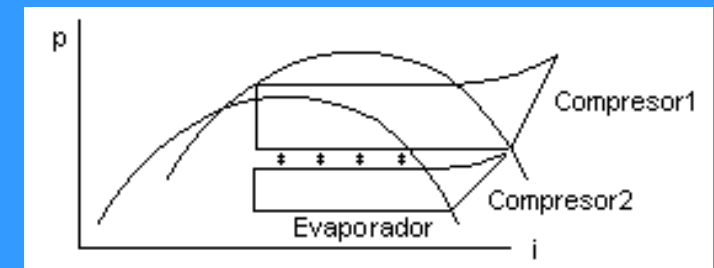
## 2.- Refrigeración por compresión (II)

Límites de funcionamiento.

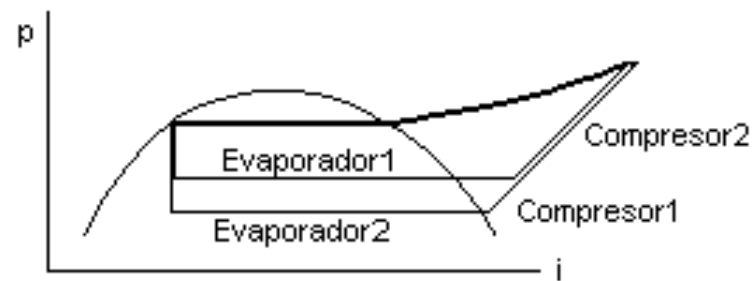
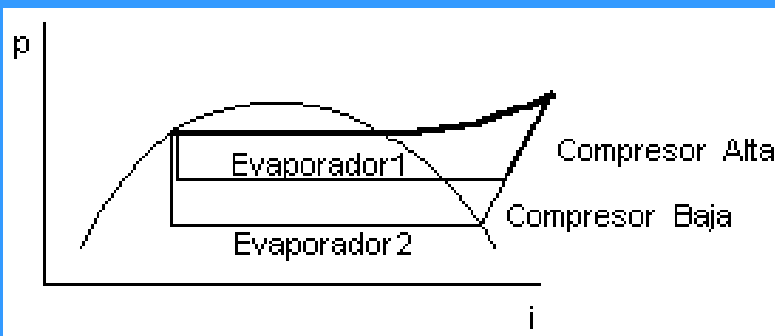


Ciclos de una etapa

Ciclos en cascada



Ciclos de varias etapas



### 3.- Refrigeración por absorción (I)

Trabaja con mezclas de dos componentes en donde uno es el fluido refrigerante y el otro sirve como medio de absorción

Se utilizan mezclas de amoníaco-agua y bromuro de litio-agua.

Necesitan calor para funcionar, por lo que su coste de operación es bajo si éste es residual.

Apenas tienen partes móviles, por lo que no genera vibraciones ni ruidos, y tiene mantenimiento reducido.

Su funcionamiento se basa en que la tensión de vapor de una sustancia (el refrigerante) se puede disminuir al añadir otra sustancia (el absorbente).

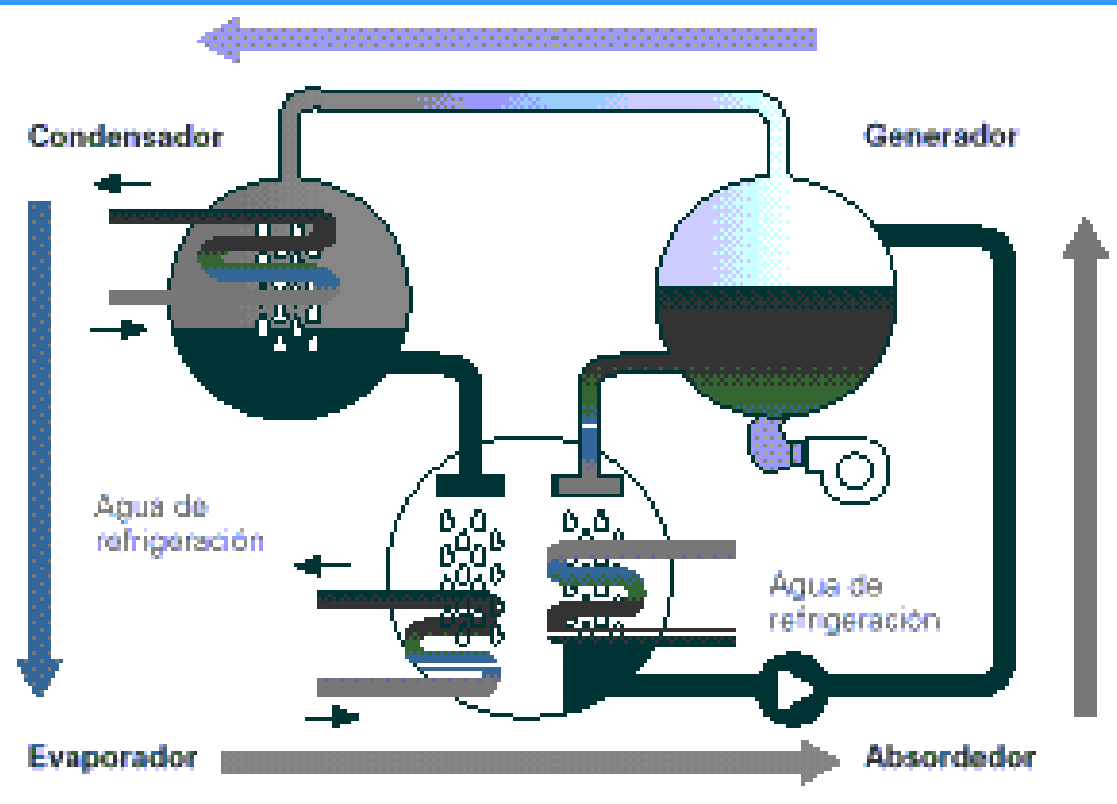
### 3.- Refrigeración por absorción (II)

El amoníaco anhidrido se obtiene por evaporación en un recipiente llamado **calderín, hervidor o generador** sometido a la acción de calor, del amoníaco que contiene una solución de agua y amoníaco; la solución pobre en amoníaco retorna al absorbedor.

El vapor del amoníaco pasa al **condensador** donde es licuado cediendo calor.

Pasa a través de una **válvula de expansión** reguladora donde pierde presión y temperatura.

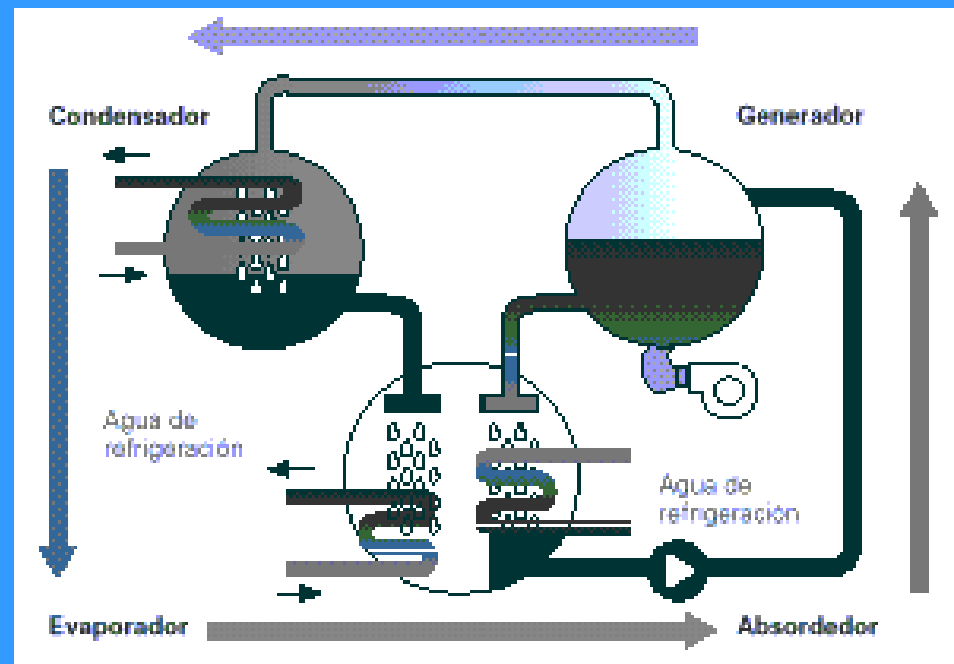
Pasa al **evaporador**, donde produce frío por evaporación.



### 3.- Refrigeración por absorción (III)

El vapor de amoníaco pasa al **absorbedor**, donde una solución líquida pobre en amoníaco que viene del calderín de ebullición y que se ha refrigerado a su paso por un **intercambiador de calor**, absorbe este vapor de amoníaco procedente del evaporador, en el absorbedor se produce una reacción exotérmica, por lo que el absorbedor debe ser refrigerado; la solución ya enriquecida pasa el calderín de ebullición.

El agua amoniacal enriquecida en el absorbedor retorna al calderín de ebullición por medio de una **bomba**, que es la única parte móvil del sistema, y la encargada de vencer la diferencia de presión existente entre el absorbedor y el generador



### 3.- Refrigeración por absorción (IV)

Suelen ir asociados evaporador y absorbedor, y hervidor y condensador.

El calor que hay que eliminar entre condensador y absorbedor es aprox. 2,6 la potencia frigorífica de la máquina (en compresión 1,25 ).

Si la caldera es de vapor, hay que controlar adecuadamente la presión del vapor que suministra, y ha de ser capaz de suministrar el vapor demandado en los arranques de la máquina, que es mayor que el necesitado en régimen.

$$COP = \frac{T_e (T_g - T_c)}{T_g (T_c - T_e)} = \frac{\text{Efecto Refrig.}}{\text{Entrada Neta Trabajo}}$$

toma valores entre 0 y 1.

**Sistema bromuro de litio-agua** (BrLi-H<sub>2</sub>O), requiere en el generador alrededor de los 100°C, las temperaturas que se pueden obtener en el evaporador no pueden estar por debajo de los 4 °C.

**Sistema amoniaco-agua** (NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O), requiere en el generador de 120-150°C. en el evaporador se pueden obtener temperaturas bajo 0°C. Una desventaja del amoniaco es que es tóxico y además ataca metales como el hierro galvanizado y el cobre.

**Sistemas de refrigeración** que utilizan la radiación **solar** para producir el efecto de enfriamiento. En esta aplicación coincide la disponibilidad de calor con la necesidad de refrigeración.

El calor suministrado en el generador viene del Sol a través de un campo de colectores en donde se calienta algún fluido que cede el calor solar en el generador.

Debido a la intermitencia propia del Sol se requiere de un sistema de almacenamiento de frío conseguido o de calor para comunicárselo a la máquina, y/o energía de una fuente.

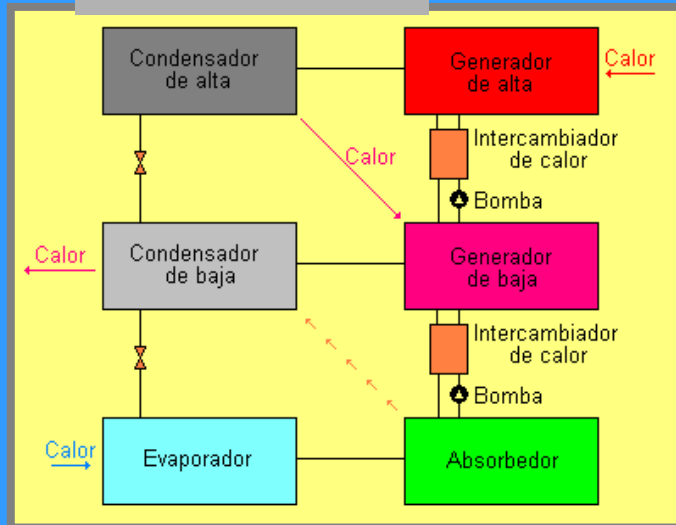
**La regulación de la capacidad** en las máquinas de absorción se hace controlando la concentración el absorbedor:

- Estrangulando la alimentación del vapor.
- Disminuyendo la refrigeración del condensador.
- Regulando el caudal que le llega al hervidor.
- Bypassando la solución con una válvula de tres vías en el hervidor (las dos conexiones con el absorbedor).

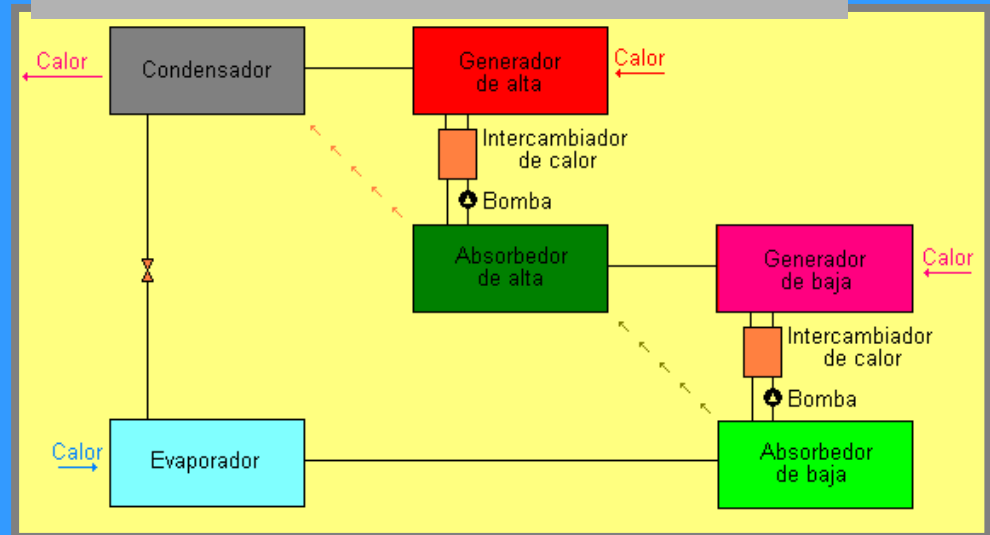


### 3.- Refrigeración por absorción (VI)

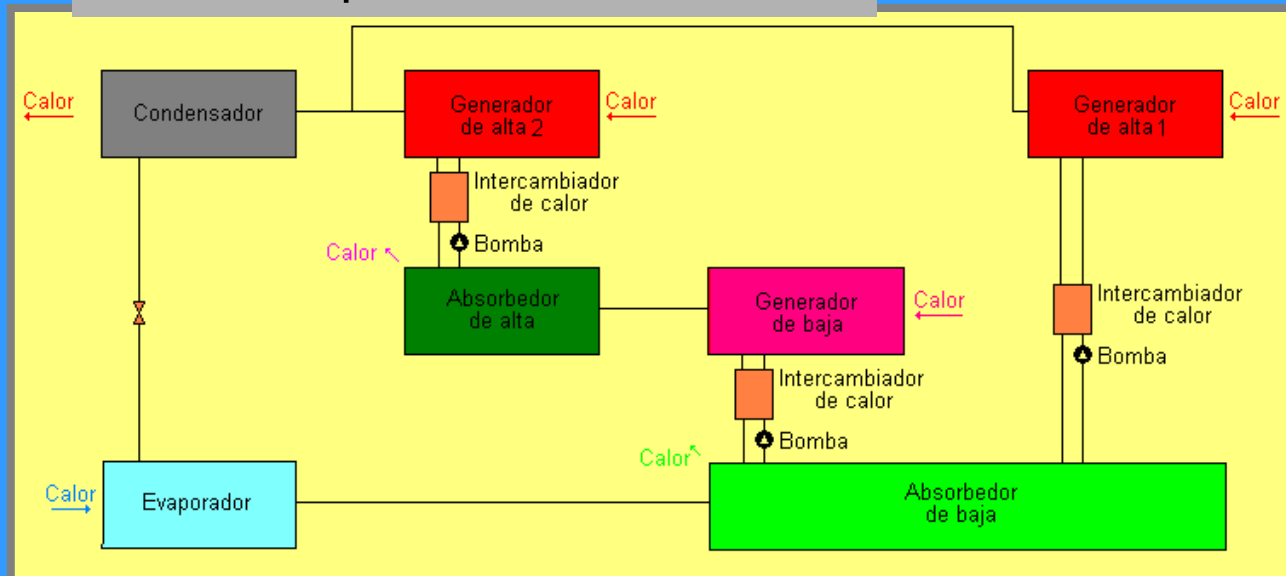
#### Doble efecto



#### Medio efecto con dos escalones



#### Efecto simple en dos escalones



Otros  
ciclos de  
absorción

## 4.- Refrigeración evaporativa (I)

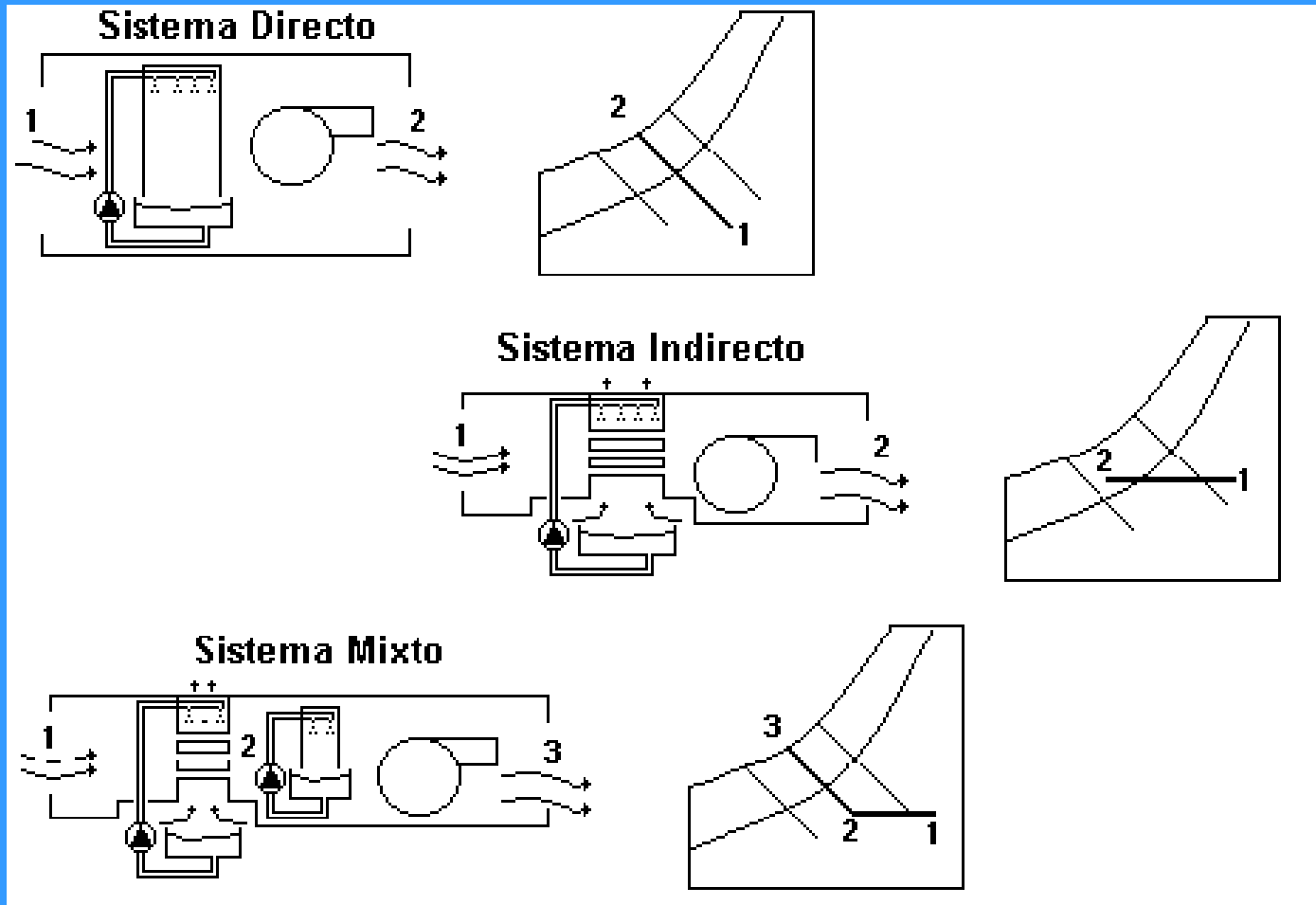
Es un proceso de **transferencia de calor y masa** basado en la conversión del calor sensible en latente; el aire no saturado es enfriado por la exposición al agua más fría en condiciones de aislamiento térmico.

El intercambio entre calor sensible y latente tiene lugar hasta que el aire se satura y la temperatura del aire y del agua se igualan alcanzando el valor de “**temperatura de saturación adiabática**”.

La **clasificación de los sistemas evaporativos** :

- **Directos**: el agua se evapora en la corriente de aire aumentando la humedad.
- **Indirectos**: la evaporación se efectúa en una corriente secundaria de aire, la cual intercambia calor sensible con la corriente primaria, que de este modo no recibe ninguna humedad.
- **Mixtos**: mezcla de los dos anteriores.

## 4.- Refrigeración evaporativa (II)



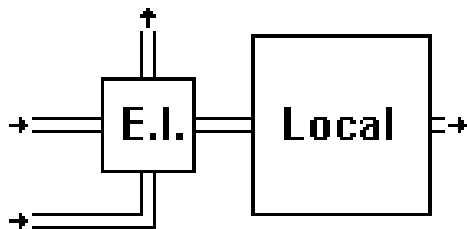
Son sistemas recuperadores de energía si utilizan en calidad de aire secundario el de retorno de los locales climatizados, o una mezcla de aquel aire y de aire exterior.

## 4.- Refrigeración evaporativa (III)

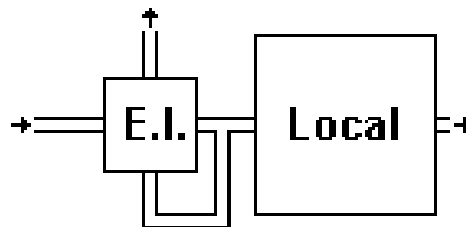
Los sistemas evaporativos pueden operar según en cuatro **ciclos** diferentes **de trabajo**

- **Ciclo evaporativo directo**, tiene recuperación de calor si se emplea aire de recirculación.
- **Ciclo evaporativo indirecto convencional**, emplea aire exterior para el primario y para el secundario.
- **Ciclo regenerativo evaporativo indirecto**; parte del aire primario es utilizado como secundario, lo que aumenta el efecto de refrigeración del sistema.
- **Ciclo evaporativo indirecto con recuperación**; se toma aire de retorno de la instalación como aire secundario.

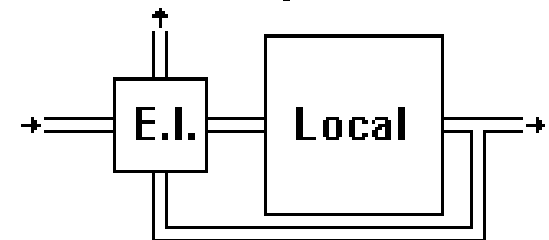
Evaporación Indirecta



Evaporación Indirecta con Regeneración



Evaporación Indirecta con Recuperación



## 4.- Refrigeración evaporativa (IV)

Los **enfriadores evaporativos directos**: compuestos por un elemento de humectación, un ventilador, filtros, un depósito inferior y una carcasa.

El agua se recircula y su temperatura se aproxima a la de bulbo húmedo del aire enfriado. Son económicos y eficaces ( $\varepsilon_s \approx 80\%$ , un aumento de la velocidad aumenta el efecto refrigerador). Presenta riesgo de la legionela.

Los **enfriadores evaporativos indirectos**: formados por intercambiador de calor, elementos de atomización y recirculación de agua, toma de aire exterior con sus filtros, ventilador y una carcasa.

Puede utilizar como aire primario el de retorno o el exterior. No se aumenta la humedad ambiente y además evita la legionela en el sistema de climatización del edificio.

Los **enfriadores evaporativos mixtos**: conectan en serie un evaporador indirecto y otro directo; puede disponerse de una batería de expansión directa de apoyo a las dos etapas.

La instalación es: enfriador indirecto, enfriador directo y por último la batería de expansión directa.

La **instalación de los equipos** ha de ser en el exterior de los edificios, el aire debe ser filtrado y después de enfriarlo es impulsado a los locales, estos han de existir salidas amplias para el escape del aire al exterior.

Si la instalación ha de hacerse en el interior del edificio, las bocas de aspiración deben ser amplias posibles.

Estos equipos trabajan con aire de renovación, lo que mejora la calidad del aire interior; no suelen trabajar nunca con aire de recirculación.

Para el **cálculo** hay que tener en cuenta la altura de instalación de los aparatos, ya que se climatiza únicamente desde estos hasta el suelo.

El caudal de aire de renovación necesario depende del tipo de local, normalmente entre 20 y 40 renovaciones/hora.

Para la mayor eficacia, la impulsión del aire y la salida han de estar en extremos opuestos, siendo la salida muy amplia para que no frene la salida del aire.

Estos sistemas, tienen un coste menor que los de compresión, presentan un consumo energético mucho menor y un mantenimiento más fácil.