Módulo 4: Refrigeración urbana

Versión para el curso intensivo de formación profesional

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B_Erasmus+ KA220-HED Asociaciones de cooperación en educación superior_x000B_Institución responsable: Universitat Jaume I de Castellón_x000B_Autor: Dr. Adrián Mota-Babiloni and Ghad Alarnaot-Alarnaout_x000B_Fecha: julio de 2026_x000B_Versión 1.1

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



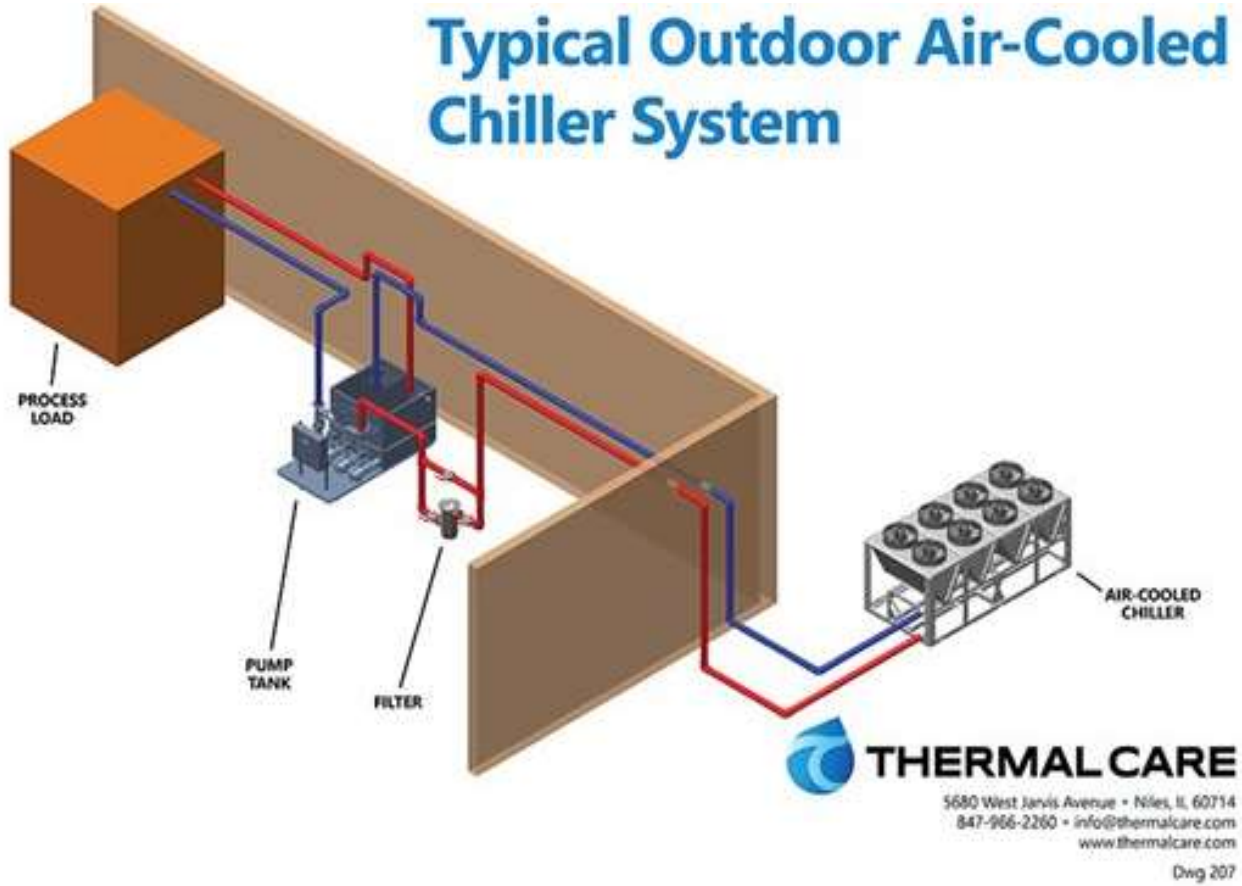
ENFRIADORAS

Introducción

Una enfriadora extrae calor de un proceso, equipo o edificio para mantener una temperatura controlada. Un fluido refrigerado en circulación (normalmente agua o mezcla de agua y glicol) absorbe el calor y lo cede al entorno.

Se usan en sistemas industriales, comerciales y HVAC para refrigerar equipos, procesos y edificios, con potencias de cientos a miles de kW.

Las enfriadoras se emplean en fabricación, hospitales, centros de datos e industria alimentaria para mantener temperaturas óptimas.

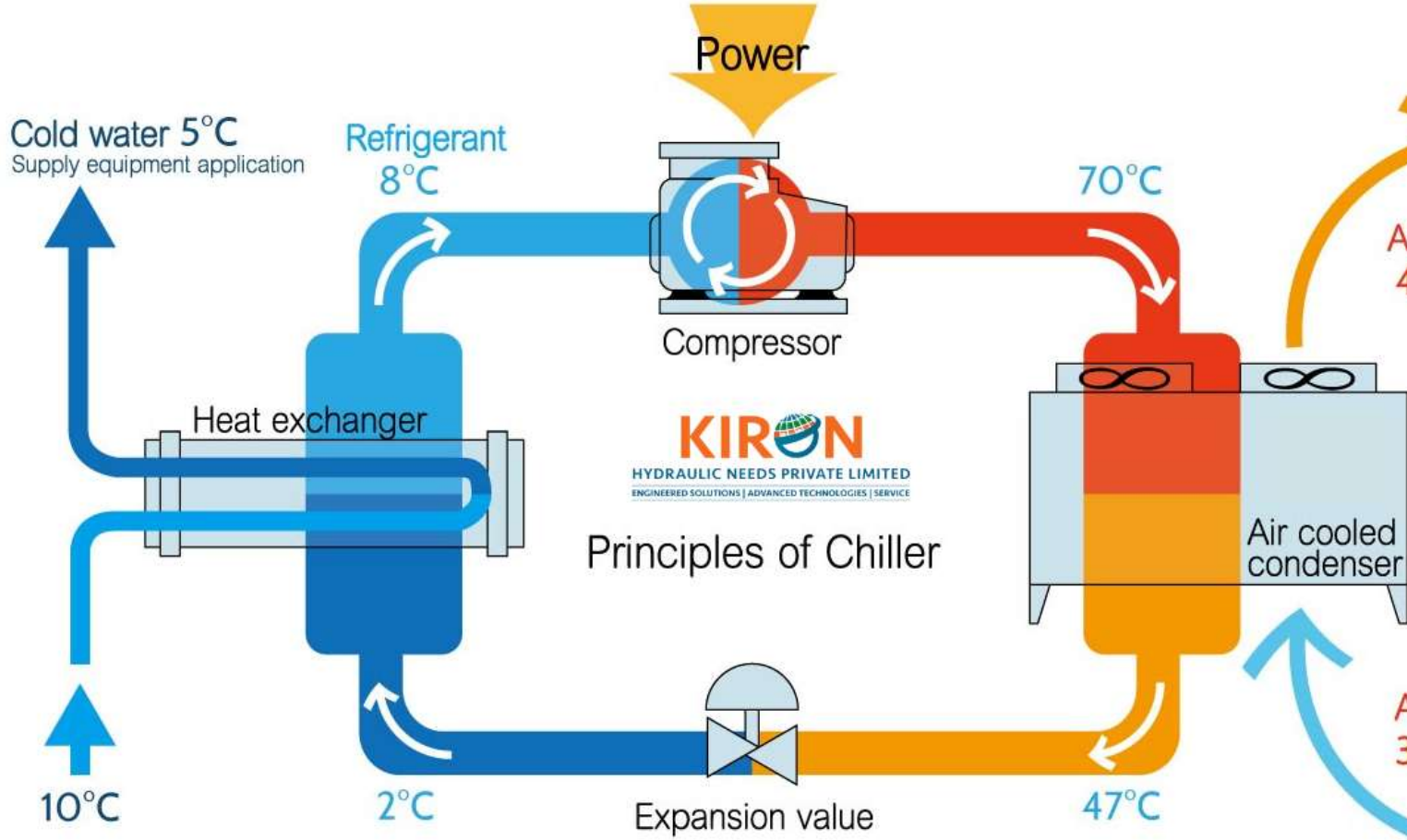


Plastics Technology. (n.d.). How does a chiller work. https://www.ptonline.com/kc/process-cooling/basics/how-does-a-chiller-work

ENFRIADORAS

Funcionamiento

- El ciclo de la enfriadora es similar al de una bomba de calor, pero se utiliza solo para refrigeración.
- En el evaporador se absorbe calor mediante el intercambio térmico con agua líquida.
- El calor se disipa al aire, normalmente en la cubierta.
- Las unidades con ventiladores que expulsan el calor se llaman unidades condensadoras.



Kiron Hydraulic Needs. (2023, July 31). Chiller circulation system. Group Kiron. https://www.groupkiron.com/blog/chiller-circulation-system/

ENFRIADORAS

Tipos de enfriadoras

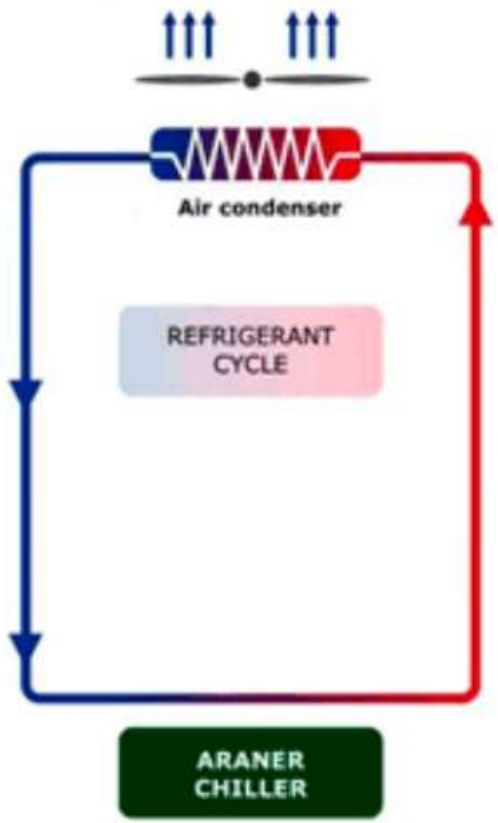
Las enfriadoras se clasifican según cómo disipan el calor:

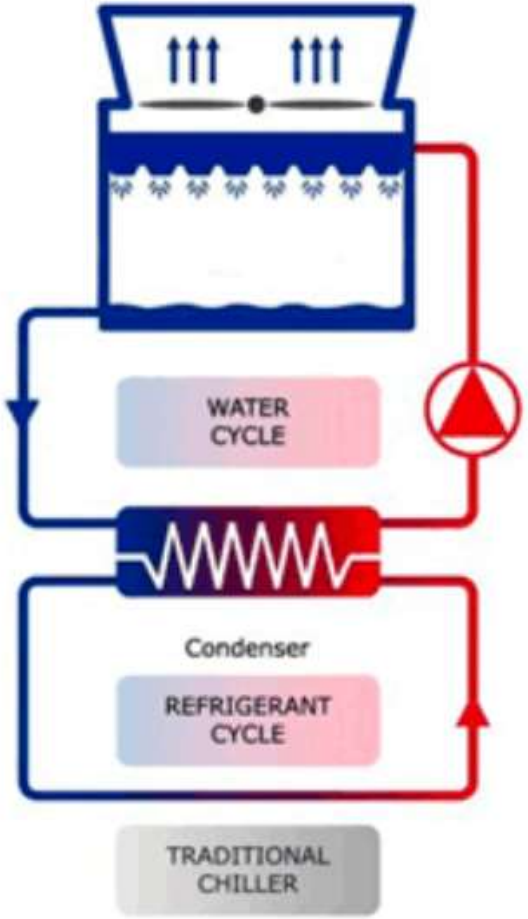
1.Enfriadoras condensadas por aire:

1. Utilizan ventiladores para hacer circular aire sobre el condensador y liberar calor.
2. Adecuadas para sistemas pequeños y medianos o con acceso limitado al agua.
3. Habituales en sistemas HVAC comerciales.

2.Enfriadoras condensadas por agua (centrífugas):

1. Utilizan agua y torres de refrigeración para disipar el calor de forma más eficiente.
2. Adecuadas para grandes aplicaciones industriales que exigen mayor eficiencia.



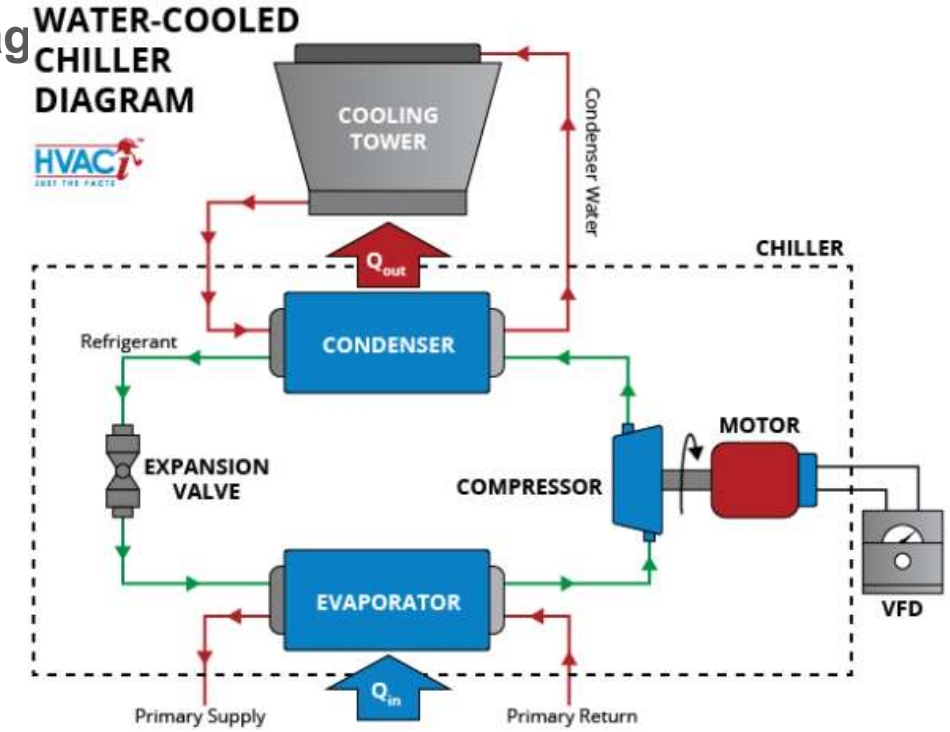


Araner. (n.d.). Air-cooled vs. water-cooled chiller. https://www.araner.com/blog/air-cooled-vs-water-cooled-chiller

ENFRIADORAS

Enfriadora condensada por ag

Una enfriadora condensada por agua disipa el calor mediante agua; esta se enfría en la torre y vuelve al condensador.



Rango: 50–10 000 kW



Alpine Intel. (2025). The basics of chillers. https://alpineintel.com/resource/the-basics-of-chillers/

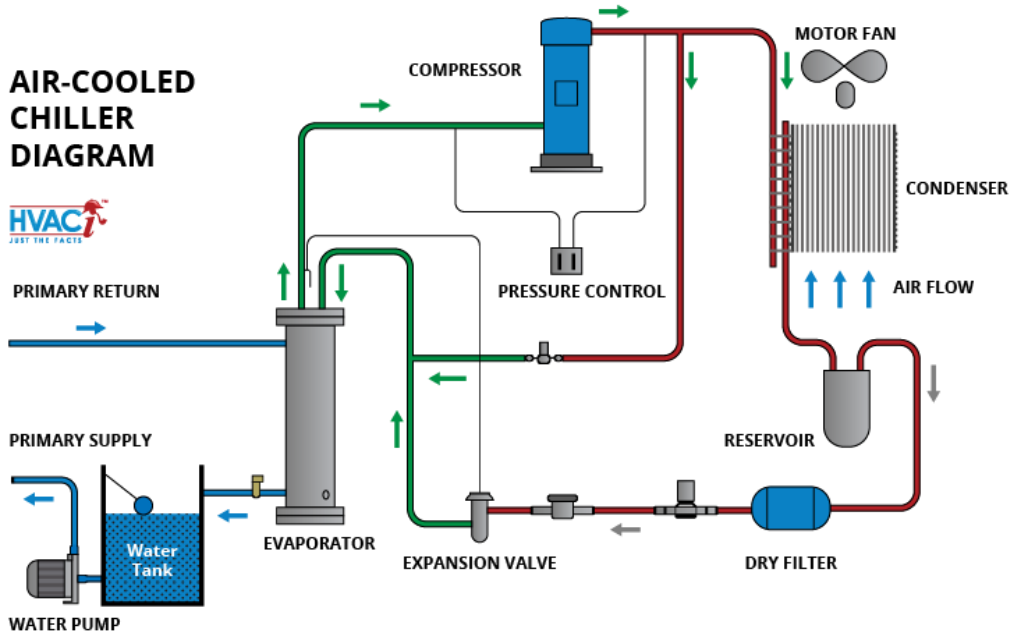
Carrier CCA. (n.d.). Product listing (Parent ID: 7, Category ID: 48). https://www.carriercca.com/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=48

ENFRIADORAS

Enfriadora condensada por aire

Rango: 15–1500 kW

En la enfriadora condensada por aire, el refrigerante se enfría directamente con aire y el calor se expulsa al ambiente.





Alpine Intel. (2025). The basics of chillers. https://alpineintel.com/resource/the-basics-of-chillers/

Carrier CCA. (n.d.). Product listing (Parent ID: 7, Category ID: 48). https://www.carriercca.com/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=48

ENFRIADORAS

Key Metrics and Efficiency

- **Cooling Capacity (Q_o)**: Measured in tons of refrigeration or kilowatts (kW), indicating the amount of heat removed.
- **Power Consumption (W_c)**: Compressors consume (kW) the most electricity in the system, making their design critical for efficiency. Water pumps and fans must be considered as they can represent 10% of the consumption.
- **Energy efficiency ratio (EER)**: A measure of efficiency calculated as the ratio of cooling provided to energy consumed (kW cooling / kW electricity).

$$EER = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{W}_c}$$

- **Seasonal energy efficiency ratio (SEER)**: Like the EER, but over an entire season, by calculating the cooling output divided by total electric energy input (kWh cooling / kWh electricity).

ENFRIADORAS

Factor de eficiencia energética estacional (SEER)

- El SEER simula condiciones reales con temperatura interior fija y distintas temperaturas exteriores y cargas parciales.
- La norma EN 14825 define el método de ensayo.

		Capacity			
		100%	**74%**	**47%**	**21%**
Outdoor temperature	**Air source**	35 °C	30 °C	25 °C	20 °C
	Water source	30 °C	26 °C	22 °C	18 °C

- La clase energética depende del SEER y del equipo; va de A+++ a G, siendo A+++ la más eficiente.

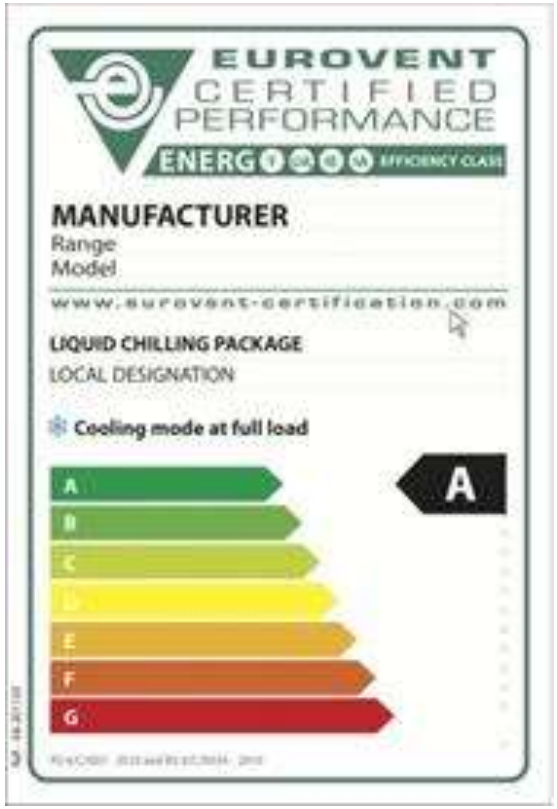
ENFRIADORAS

Rendimiento del sistema

Depende de:

- Buen diseño e instalación profesional del sistema.
- Mantenimiento periódico.
- Tamaño y eficiencia energética del edificio acondicionado.
- Tamaño del sistema y capacidad de tratamiento de aire.
- Horas de funcionamiento al día.
- Temperatura interior.
- Temperatura exterior.

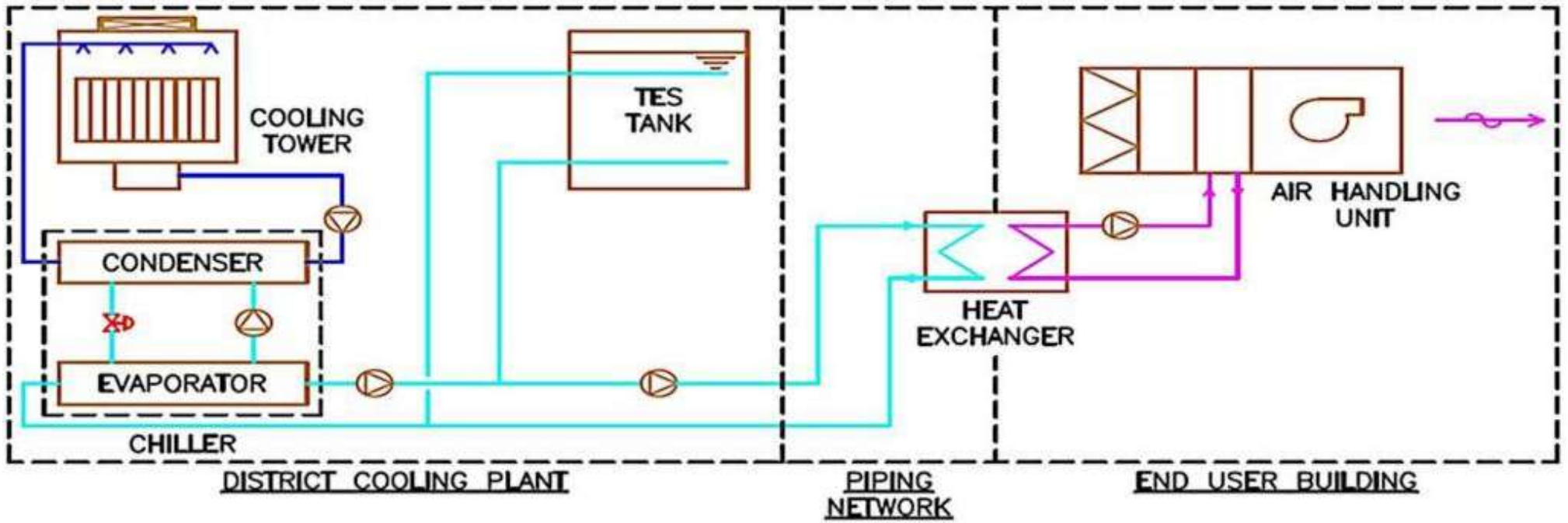
AC	CHF	
≥ 5.05	≥ 5.1	A
4.65≤EER<5.05	4.9≤EER<5.1	B
4.25≤EER<4.65	4.7≤EER<4.9	C
3.85≤EER<4.25	4.5≤EER<4.7	D
3.45≤EER<3.85	4.3≤EER<4.5	E
3.05≤EER<3.45	4.1≤EER<4.3	F
< 3.05	<4.1	G



Eurovent Certita Certification. (n.d.). Eurovent Certified Performance. https://www.eurovent-certification.com/en/

INTEGRACIÓN DE ENFRIADORAS EN LA RED DE FRÍO URBANO

Integración de enfriadoras en la red urbana de frío



Al integrar enfriadoras en una red de frío urbano hay dos consideraciones: suelen ser condensadas por agua por las elevadas potencias y caudales, y se requiere almacenamiento térmico para atender la demanda variable del distrito.

District Cooling Pro. (n.d.). What are the main components of a district cooling system? https://districtcooling.pro/what-are-the-main-components-of-a-district-cooling-system/

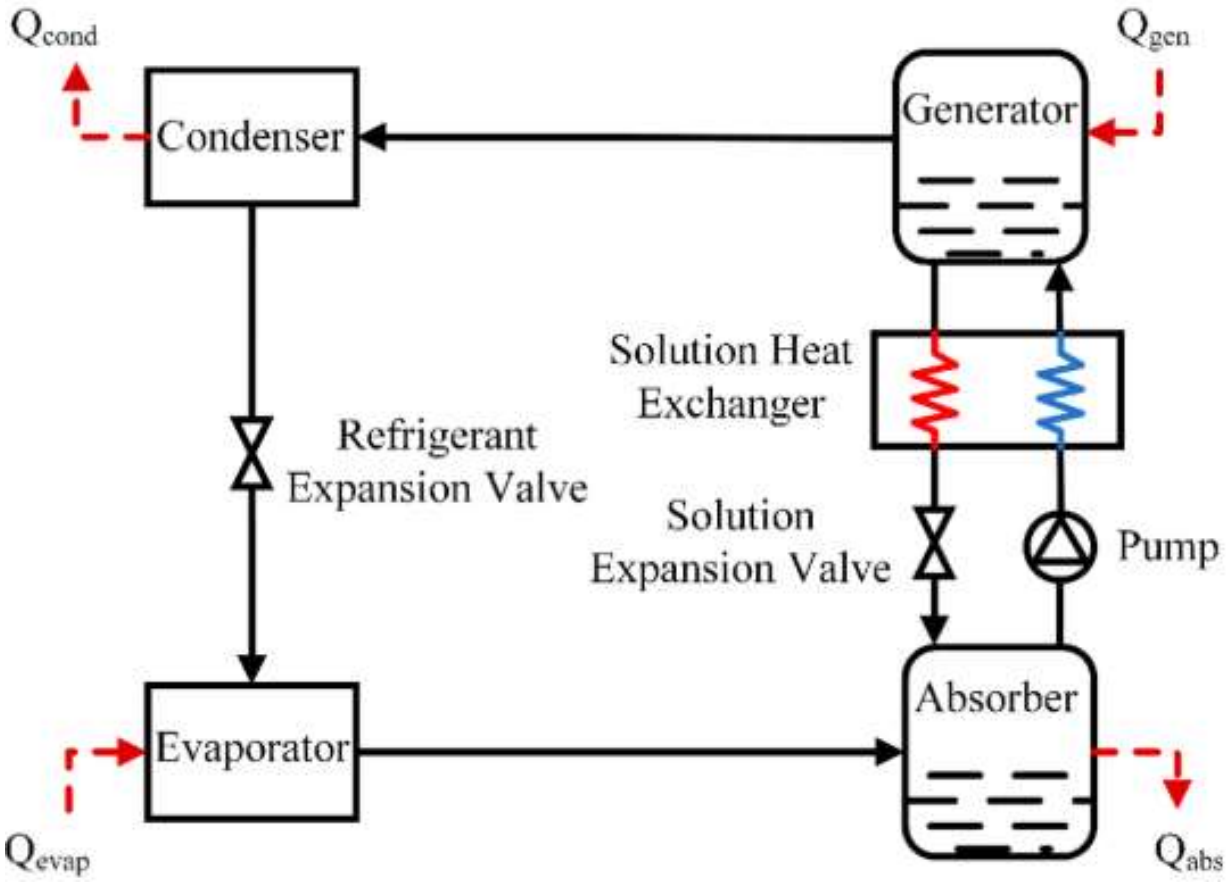
MÁQUINAS FRIGORÍFICAS DE ABSORCIÓN

Refrigeración por absorción

Componentes principales:

1. **Evaporador: el refrigerante absorbe calor y se evapora.**
2. **Absorbedor: el vapor refrigerante es absorbido por el absorbente.**
3. **Generador: el calor separa el refrigerante del absorbente y lo regenera.**
4. **Condensador: el refrigerante cede calor y vuelve al estado líquido.**

.



Wang, L., He, L., & He, Y. (2024). Review on Absorption Refrigeration Technology and Its Potential in Energy-Saving and Carbon Emission Reduction in Natural Gas and Hydrogen Liquefaction. Energies, 17(14), 3427. https://doi.org/10.3390/en17143427

MÁQUINAS FRIGORÍFICAS DE ABSORCIÓN

Relevant Parameters

Cooling Capacity ($\dot{Q}_O$): The amount of heat removed by the evaporator from the space or process being cooled, typically measured in kW.

Heat Input ($\dot{Q}_g$): The heat required to drive the absorption cycle, typically provided by a heat source like natural gas, waste heat, or solar energy. It is often measured in kW.

Coefficient of Performance (COP): The cooling capacity (Qo) ratio to the heat input (Q_g).

$$COP = \frac{\dot{Q}_O}{\dot{Q}_g}$$

COP is a key performance indicator of energy efficiency. A higher COP indicates a more efficient system. In absorption refrigeration, typical COP values range from 0.5 to 1.5, significantly lower compared to vapor compression systems.

MÁQUINAS FRIGORÍFICAS DE ABSORCIÓN

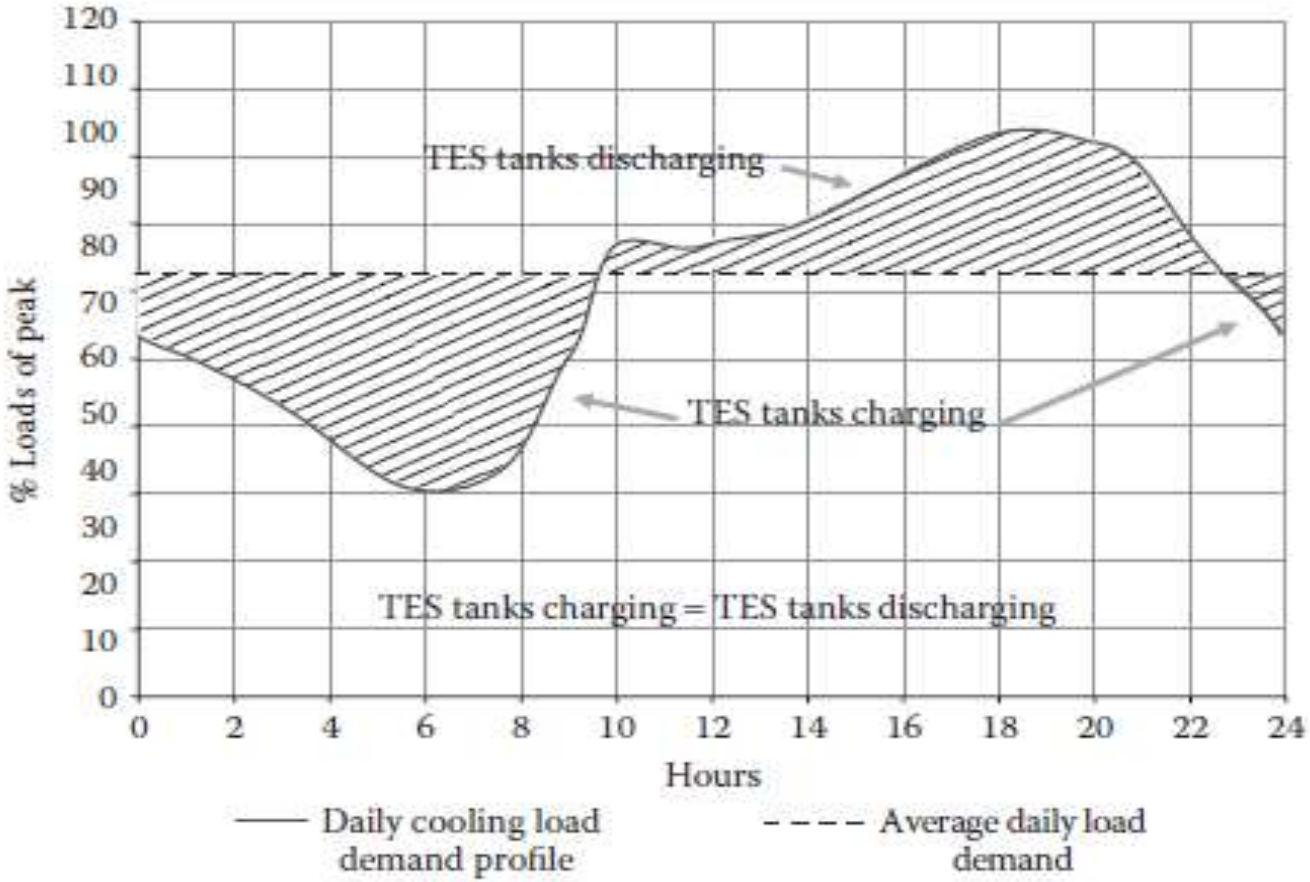
En comparación con los sistemas de compresión de vapor:

Compression systems	Absorption systems
Work operated	Heat operated
High COP	Low COP (currently maximum ≈ 1.4)
Performance (COP and capacity) very sensitive to evaporator temperatures	Performance not very sensitive to evaporator temperatures
System COP reduces considerably at part loads	COP does not reduce significantly with load
Liquid at the exit of evaporator may damage compressor	Presence of liquid at evaporator exit is not a serious problem
Performance is sensitive to evaporator superheat	Evaporator superheat is not very important
Many moving parts	Very few moving parts
Regular maintenance required	Very low maintenance required
Higher noise and vibration	Less noise and vibration
Small systems are compact and large systems are bulky	Small systems are bulky and large systems are compact
Economical when electricity is available	Economical where low-cost fuels or waste heat is available

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA (TES)

TES y su principal ventaja

- En redes de frío urbano se almacena frío en depósitos de agua aislados: se enfrían o congelan fuera de punta (noches o fines de semana) y se calientan o descongelan en horas punta.
- La descarga del TES cubre parte o toda la demanda punta y permite reducir la potencia instalada. Fuera de punta, las enfriadoras atienden la carga y recargan el almacenamiento.
- Las enfriadoras de menor potencia reducen costes de inversión y operación y la presión sobre la red eléctrica.



Ghajar, A. J., Kraus, A. D., Welty, J. R., & Aziz, A. (2017). HEAT TRANSFER A Series of Reference Books and Textbooks Series editor Introduction to Thermal and Fluid Engineering. www.ebook3000.com

2.3. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA (TES)

Tipos de TES

	Ice storage tank	Chilled water storage tank	Low-temperature liquid storage tank
Type of storage	Latent heat	Sensible heat	Latent heat
Discharge temperature	1ºC to 7ºC	4ºC to 6ºC	-1ºC to 2ºC
Recharge temperature	-8ºC to -2ºC	4ºC to 6ºC	-1ºC to 2ºC
Recharge chiller plant and power (kW electricity in/kW thermal out)	0.8 to 1.1 kW/ton (0.23 to 0.31)	0.6 to 0.7 kW/ton (0.23 to 0.31)	0.7 to 0.8 kW/ton (0.23 to 0.31)

District cooling guide. (2013). ASHRAE. https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/district-heating-and-cooling-guides

¡Gracias!_x000B__x000B_Module 4 – District Cooling_x000B_SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B__x000B_https://www.shakeproject-dhc.eu/_x000B__x000B_Developed by UJI_x000B_Dr. Adrián Mota-Babiloni | mota@uji.es_x000B_Ghad Alarnaot-Alarnaout | alarnaot@uji.es_x000B__x000B_



MŰEGYETEM 1782

UNIVERSITAT JAUME I

MINES PARIS | PSL

Co-funded by the European Union