

## TECNICAS DE ENFRIAMIENTO DE EFLUENTES CON ALTAS TEMPERATURAS

### Técnica Diseñada para la regulación de la temperatura

#### DESCRIPCIÓN

Las torres de enfriamiento son equipos diseñados para disminuir la temperatura del agua caliente, mediante la transferencia de calor y materia al aire que circula por el interior de la torre. Con el fin de mejorar el contacto aire-agua se utiliza un entramado denominado "relleno". El agua entra en la torre por la parte superior y se distribuye uniformemente sobre el relleno, de esta forma, se consigue un contacto óptimo entre el agua y el aire atmosférico.



#### LA TECNOLOGÍA

El fundamento básico de estas torres es una cesión de calor del agua hacia el aire. Esta cesión se produce debido a dos mecanismos: la transmisión de calor por convección y la transferencia de vapor desde el agua al aire, con el consiguiente enfriamiento del agua debido a la evaporación. En la transmisión de calor por convección se produce un flujo de calor en dirección al aire que rodea el agua, a causa de la diferencia de temperaturas entre ambos fluidos.

#### APLICACIÓN

Existen torres de enfriamiento para la producción de agua de proceso que sólo se pueden utilizar una vez, antes de su descarga, así como las que permiten reutilizar el agua dentro del proceso:

- En general enfriamiento del agua utilizada en el sistema de aire acondicionado.
- Industrias petroquímicas y farmacéuticas.
- Agroindustria – Alimentos: reutilización de aguas dentro del proceso productivo.
- Minería: enfriamiento de RILes y reutilización de aguas de proceso.
- Industria Nuclear: reutilización de aguas de proceso.
- Centrales eléctricas: reutilización de aguas de proceso.

Algunos ejemplos de aplicación según códigos CIU:

014019	OTROS SERVICIOS AGRICOLAS N.C.P.
111000	EXTRACCION DE PETROLEO CRUDO Y GAS NATURAL
112000	ACTIVIDADES DE SERVICIOS RELACIONADAS CON LA EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS
131000	EXTRACCION DE MINERALES DE HIERRO
132010	EXTRACCION DE ORO Y PLATA
132090	EXTRACCION DE OTROS MINERALES METALIFEROS N.C.P.
133000	EXTRACCION DE COBRE
152030	FABRICACION DE POSTRES A BASE DE LECHE (HELADOS, SORBETES Y OTROS SIMILARES)
155300	ELABORACION DE BEBIDAS MALTEADAS, CERVEZAS Y MALTAS
155410	ELABORACION DE BEBIDAS NO ALCOHOLICAS
233000	ELABORACION DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

## EJEMPLOS DESTACADOS

1. Central nuclear de Cofrentes, España. 129 metros de altura y 90 metros de diámetro en la base. Caudal de refrigeración de 33.000 (m<sup>3</sup>/hora).  
<http://www.cncofrentes.es/caracteristicas-tecnicas/descripcion-del-funcionamiento/>
2. Torres de Enfriamiento Central Termoeléctrica GENELBA. Argentina. 10 módulos, capacidad de agua en recirculación 31.500 (m<sup>3</sup>/h).  
[http://www.petrobraselectricidad.com/energyweb/paginas/porque/planta\\_genelba.html](http://www.petrobraselectricidad.com/energyweb/paginas/porque/planta_genelba.html)
3. Cristal Chile. Capacidad 600 (m<sup>3</sup>/h). <http://www.tecnofiber.cl/>
4. Alimentos Frua. Capacidad 70 (m<sup>3</sup>/h). <http://www.tecnofiber.cl/>



Figura 1: Torres enfriamiento de Central Nuclear de Cofrentes, España



Figura 2: Cristal Chile



Figura 3: Alimentos Frua

## EFICIENCIA

Equipos altamente eficientes, bajo consumo energético, volumen de instalación pequeños para el tratamiento de grandes volúmenes de agua.

La eficiencia supera el 90% en la remoción de calor.

## VENTAJAS

- Bajo costo de mantenimiento, de instalación y operación
- Adaptable a construcciones modulares: no es necesario construir grandes equipos. Para el aumento de capacidad se añaden módulos al sistema.
- Flexibles: capaces de operar en cualquier régimen de funcionamiento, se adaptan a las variaciones de carga.
- Equipos compactos de alta duración.
- Gran libertad de diseño.
- Amigable con el medio ambiente.
- Arranque rápido. Están equipadas con dispositivos que permiten tiempos de arranque muy cortos.

## DESVENTAJAS

Generalmente se debe considerar en el diseño la calidad del agua o RIL a tratar, debido a que si el equipo no es compatible puede provocar incrustaciones, deterioro del relleno y/o corrosión, lo que baja considerablemente la eficiencia del proceso.

## CONDICIONES OPERATIVAS

CONDICIONES OPERATIVAS	
Tipo de Operación:	Continua
Selectividad:	No es selectivo
Pre Tratamiento	En general filtrado previo*
Consumo de Reactivos	No necesita

PARAMETROS DE OPERACIÓN	
Temperatura	Sin limitaciones
Caudal de Operación	1 a 30000 m <sup>3</sup> /h
Vidal Útil	>10 años

(\*) Estos equipos son utilizados generalmente en la etapa final de un proceso de tratamiento, por lo cual se supone que el agua a tratar no contiene cantidades considerables de sólidos suspendidos.

## COSTOS ASOCIADOS

### Ejemplos de Costos

Considerando un caudal,  $Q=50$  ( $m^3/h$ )

- La Inversión es de US\$ 16.000 valor solo por el coste del equipo, sin instalación ni obras civiles.
- La Inversión es de US\$ 122.400 valor solo por trabajo completo listo para operación, con un costo tratamiento de  $C = 0,145$  (US\$/ $m^3$ ).

Considerando un caudal,  $Q=1000$  ( $m^3/h$ ),

- La Inversión es de US\$ 363.200 valor solo por el coste del equipo, sin instalación ni obras civiles.
- La Inversión es de US\$ 2.770.000 valor solo por trabajo completo listo para operación, con un costo tratamiento de  $C = 0,045$  (US\$/ $m^3$ ).

### Función de estimación de costo

A) Para la estimación del costo del equipo utilizar ecuación 1 o 2.

Inversión Inv (US\$) y caudal de tratamiento Q( $m^3/h$ )

**Ecuación 1:** Temperatura entrada 30°C y salida 20 °C. Temperatura bulbo húmedo 16°C

$$\text{Inv} = 369,74 \cdot Q^{0,9}$$
$$R^2 = 1$$

**Ecuación 2:** Temperatura entrada 40°C y salida 25°C. Temperatura bulbo húmedo 16°C

$$\text{Inv} = 474,74 \cdot Q^{0,9}$$
$$R^2 = 1$$

B) Para la estimación de inversión completa de instalación utilizar ecuación 3 o 4.

Inversión Inv(US\$) y caudal de tratamiento Q( $m^3/h$ )

**Ecuación 3:** Temperatura entrada 47°C y salida 20 °C. Temperatura bulbo húmedo 16°C (no incluye obras civiles, ingeniería e imprevistos)

$$\text{Inv} = 1861,6 \cdot Q^{0,9}$$
$$R^2 = 1$$

**Ecuación 4:** Temperatura entrada 39°C y salida 22°C. Temperatura bulbo húmedo 16°C (todo incluido)

$$y = 1861,6 * Q^{0,9}$$
$$R^2 = 1$$

**Estimación del costo de tratamiento:**

Costos de tratamiento C(US\$/m<sup>3</sup>) y caudal de tratamiento Q(m<sup>3</sup>/h)

$$C = 0,4924 * Q^{-0,321}$$
$$R^2 = 0,99$$

Nota: El costo de inversión y tratamiento dependen y varían según el proveedor a quien se le solicite el diseño de estos equipos. Los valores presentados son estimaciones y representan orden de magnitud según algunas condiciones de caudal, temperatura de entrada, de salida y de bulbo húmedo. Con estos equipos solo se puede enfriar hasta 4°C sobre la temperatura de bulbo húmedo.

## RECOMENDACIÓN

Se recomienda realizar una caracterización del agua a tratar para que el diseño y el material usado de construcción sea el adecuado para cada caso.

Esta técnica resultaría costo-eficiente en efluentes en los que se requiera disminuir la temperatura con deltas pequeños, por ejemplo 2 a 5 grados celsius. En estos casos el aprovechamiento energético es bajísimo.

## BIBLIOGRAFÍA

Mayores antecedentes en Anexo N° 1, sección 1.28.