

## ENFRIAMIENTO DE AGUA – EQUIPO DE CONTACTO GAS-LÍQUIDO

**Autores:** Maximiliano, Amherdt (pasante), Hugo, Flores (director)

**Filiación:** Universidad Nacional del Litoral - Facultad de Ingeniería Química - Departamento de Ingeniería Química.

**Proyecto:** Montaje y operación de una torre de enfriamiento de contacto gas – líquido.

### INTRODUCCIÓN

En la industria se utilizan grandes cantidades de agua como fluido refrigerante, debido a que es un líquido de bajo costo; pero a su vez es un recurso limitado, por lo que al volcarla al ambiente se produce un agotamiento del mismo.

Por ello es necesario realizar un uso más eficiente y racional. Para ello, se proyectan, diseñan y optimizan equipos que permiten, mediante el enfriamiento del agua por el contacto con una corriente de aire la recirculación del líquido al proceso.

Para llevar a cabo dicha operación se emplean equipos de contacto continuo gas – líquido. Los mismos pueden ser utilizados también como instrumentos de enseñanza. La extensión de los conocimientos generados permitió la reformulación de un trabajo práctico y la implementación de otro, en los que se puede estudiar por un lado la fluido dinámica del equipo, determinar los caudales de inundación, y los parámetros característicos del relleno, y por otro evaluar el comportamiento del mismo en distintas situaciones de transferencia de materia, como ser el enfriamiento de agua, y la dehumidificación de un gas.

### OBJETIVOS

#### GENERAL

Montar y poner en marcha un equipo de contacto continuo para ser utilizado como servicio de enfriamiento y en trabajos prácticos de la asignatura Transferencia de Materia y Operaciones

#### PARTICULARES

- Determinar los parámetros óptimos de funcionamiento del equipo y su ajuste para el uso en docencia.
- Relevar información experimental relacionada con la operación de enfriamiento por evaporación parcial en una corriente de aire.
- Implementar nuevos trabajos prácticos para desarrollar en la asignatura Transferencia de Materia y Operaciones

### METODOLOGÍA

#### MARCO TEÓRICO

Las torres rellenas son equipos de contacto continuo para transferencia de materia entre fases Gas-Líquido y Líquido-Líquido de amplia utilización en la industria química.

La determinación de la capacidad de un equipo es de suma importancia e indispensable para el diseño o simulación. El análisis fluidodinámico de la torre permite estimar la misma con el conocimiento de los parámetros característicos del relleno. Para ello se deben determinar los caudales límites de operación, asociados a la inundación del equipo, y en base a ello estimar las condiciones óptimas de trabajo.

Una vez determinados esos valores, se debe evaluar su comportamiento respecto a los fenómenos de transferencia de materia.

De acuerdo a las condiciones de las corrientes, se pueden producir dos procesos. El primero, más común es el de enfriamiento de agua, y el segundo el de acondicionamiento de aire.

La operación unitaria de enfriamiento refiere al proceso de eliminación de calor y masa de una corriente de líquido por evaporación en una corriente gaseosa. El agua, utilizada como servicio en intercambiadores de calor, condensadores y similares, se enfría por contacto con el aire atmosférico para ser utilizada nuevamente. El calor latente del agua es tan grande que una cantidad pequeña de evaporación produce grandes efectos de enfriamiento.

El otro proceso es el de acondicionamiento de aire, donde se pone en contacto una corriente gaseosa con agua fría, y por el mismo se dehumidifica y enfría el gas.

## **EQUIPO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS**

Las experiencias se llevaron a cabo en una torre rellena re-acondicionada escala de planta piloto. Se utilizó como gas de contacto aire ambiente. La circulación del mismo es en contra corriente frente al líquido a través de un lecho de anillos raschig, regulando su caudal mediante una válvula de globo.

El caudal de aire se determinó con un rotámetro. El control y medición de temperatura y humedad se llevó a cabo con termómetros de bulbo húmedo y bulbo seco para el aire, y para las condiciones de ingreso y salida del agua.

## **PROCEDIMIENTO**

Determinación de caudales óptimos de operación: La determinación por medio de un ensayo de pérdida de carga permitió no solo obtener los datos del relleno, sino también cuantificar los caudales límites de operación para un rango amplio de caudales de líquido.

Estudios del proceso de transferencia de materia: mediante la determinación de las condiciones de ingreso y salida de las corrientes, y las dimensiones del equipo, se buscó determinar la eficiencia del equipo, expresado en altura de unidad de transferencia de materia ( $H_{tog}$ )

## **PROCESAMIENTO DE DATOS**

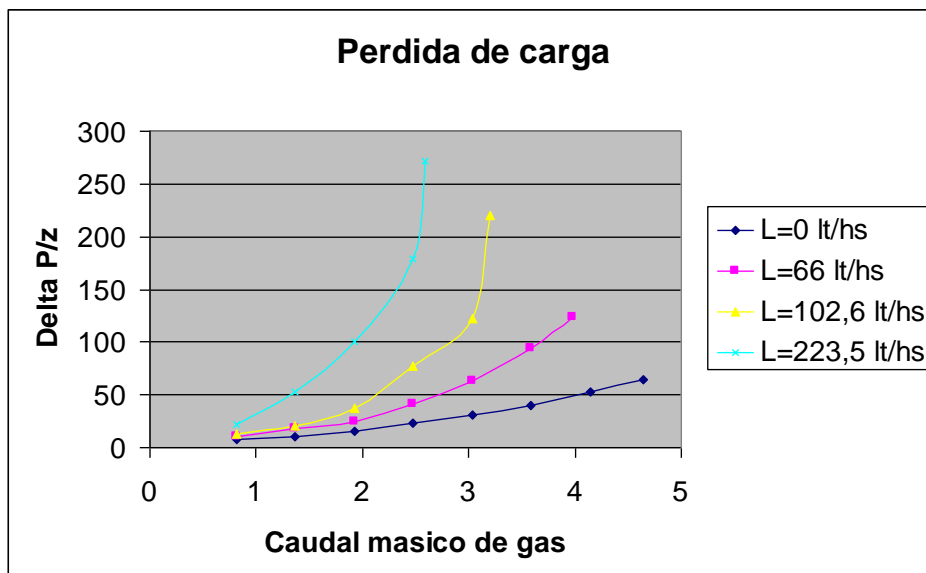
De la experiencia de pérdida de carga se obtuvo como información: el comportamiento del sistema y los valores de  $\Delta P$  para el rango ensayado.

Los valores de L/G cercanos a los de inundación permiten mediante correlaciones obtener el valor promedio de Fp característico y además conocer los caudales en los que es más conveniente operar el equipo.

## RESULTADOS

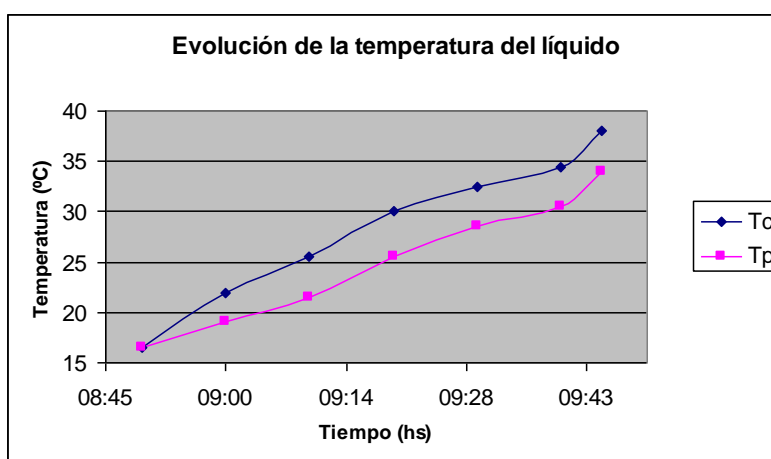
### DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE INUNDACIÓN

L (lt/hs)	G (m <sup>3</sup> /hs)	$\Delta h$ (cm H <sub>2</sub> O)	$\Delta P/z$ (mm H <sub>2</sub> O/m)	G másico (Kg/m <sup>2</sup> seg)
0	2	0.6	7.5	0.053316
0	3	0.8	10	0.089713
0	4	1.2	15	0.126109
0	5	1.9	23.75	0.162506
0	6	2.5	31.25	0.198903
0	7	3.2	40	0.235299
0	8	4.2	52.5	0.271696
0	8.9	5.1	63.75	0.304453
66	2	0.8	10	0.053316
66	3	1.4	17.5	0.089713
66	4	2	25	0.126109
66	5	3.3	41.25	0.162506
66	6	5	62.5	0.198903
66	7	7.5	93.75	0.235299
66	7.7	9.9	123.75	0.260777
102.6	2	1	12.5	0.053316
102.6	3	1.6	20	0.089713
102.6	4	3	37.5	0.126109
102.6	5	6.2	77.5	0.162506
102.6	6	9.8	122.5	0.198903
102.6	6.3	17.6	220	0.209822
223.5	2	1.8	22.5	0.053316
223.5	3	4.2	52.5	0.089713
223.5	4	8	100	0.126109
223.5	5	14.3	178.75	0.162506
223.5	5.2	21.7	271.25	0.169785



## TORRE DE ENFRIAMIENTO

Tiempo (hs)	L (lt/hs)	G (m <sup>3</sup> /hs)	Tc (°C)	Tp (°C)
08:50	172	0	16,5	16,5
09:00	172	1,53	22	19
09:10	172	1,53	25,5	21,5
09:20	172	1,53	30	25,5
09:30	172	1,53	32,5	28,5
09:40	172	1,53	34,5	30,5
09:45	172	1,53	38	34



## CONCLUSIONES

Los valores experimentales obtenidos en la evaluación de las condiciones fluidodinámicas son repetitivos, y coherentes con lo esperado del funcionamiento del equipo. Por lo tanto, el mismo resulta apropiado para la realización de prácticas de docencia.

Con respecto al comportamiento como equipo de enfriamiento, se observa un buen desempeño a bajos caudales de líquido. Sin embargo, esos valores no resultan óptimos, por lo que se debería trabajar a relaciones mayores de L/G, en las que no se observan grandes cambios de temperatura. Si bien esto permite la recirculación del agua, y su reutilización en los equipos de transferencia de calor, no resulta adecuado para su utilización en prácticas docentes

Con respecto a la operación de dehumidificación, las relación L/G son adecuadas. Queda pendiente su análisis, debido a la necesidad de contar con agua a baja temperatura, lo que por el momento no es posible. Se evaluará esa posibilidad en el futuro, sujeto a la disponibilidad de un sistema de frío.

## BIBLIOGRAFÍA

Robert E. Treybal. 2ª Edición. Operaciones de transferencia de Masa.  
Manual del Ingeniero Químico, Perry. 5ª edición.  
A. Marcilla Gomis. Introducción a las Operaciones de Separación, Cálculo por etapas de equilibrio.