

AUTOMATIZACIÓN DE LA TORRE DE ABSORCIÓN EN EL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS, UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (UVG)^a

Otto Girón

Resumen

Se realizó la automatización de la torre de absorción del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle. Se tomó un proceso manual (que dependía de medidores antiguos no precisos), transformándolo en un proceso computarizado a manera tal que el usuario pudiera hacer uso de ellos de una forma práctica y eficiente. Se modificó el diseño de la torre de absorción con el propósito de tener un manejo fácil del flujo de ingreso del líquido y del gas a la torre, y a la vez obtener datos precisos de humedad, presión, temperatura y de flujo en tiempo real. Se diseñó un programa computarizado en el cual se obtuvo un control de los flujos de entrada a la torre de absorción tanto del líquido, como del gas; como del control de encendido y apagado de la bomba de líquidos. En este programa se muestra la retroalimentación de los sensores de presión, humedad y temperatura. Se realizó una práctica donde el objetivo principal fue determinar el coeficiente de empaque seco (CD) y el coeficiente de empaque húmedo (CF), las correlaciones de carga e inundación y la retención total del líquido de la torre empacada.

Abstract

The automation of the absorption tower in the Unit Operations Laboratory at the Universidad Del Valle de Guatemala was carried out. Previously, the tower operated manually depending in imprecise and old gauges. The designs of the absorption tower was modified with the purpose of having an easy way of manipulating the liquid and gas incoming flows to the tower, and also obtain accurate humidity, pressure, temperature and flow data in real time.

A run was carried out with the principal objective of experimentally determining the dry (CD) and wet (CF) packaging coefficients, the load and the flood correlations, and the total liquid retention in the packed tower.

Introducción

La automatización es un cambio de un sistema manual a uno computarizado, tiene como propósitos poder mejorar la productividad, mejorar las condiciones de trabajo de los usuarios, realizar tareas difíciles para un ser humano, como muchos otros.

La columna o torre de absorción es un dispositivo simple que consiste en un cilindro que tiene en su interior un plato de soporte para el material de empaque, un dispositivo de distribución de líquido, con un diseño tal que proporciona una irrigación eficaz del empaque (Treybal, 1980). Existen muchos tipos de empaques. El empaque que se posee en la torre de absorción de la UVG es un empaque de anillos Rashing de CPVC de 13 mm de diámetro y un largo de 20mm, y sirve

para reducir ligeramente el mezdado axial y para empujar y distorsionar las gotas de la fase dispersa. En la figura No. 1 se muestra un diagrama de la torre de absorción.

Cuando existe una transferencia de material de una fase a otra, a través de la interface que las separa, la resistencia a la transferencia de masa de una fase a otra provoca un gradiente de concentraciones (Treybal, 1980). Estas concentraciones del material que se difunde desde el gas hacia el líquido son diferentes y suponen una relación de equilibrio termodinámico. Por lo tanto, se cree que alcanza ese equilibrio termodinámico en la interface gas-líquido casi inmediatamente que entre en contacto el gas y el líquido (Treybal, 1980).

Las torres empacadas son ampliamente utilizadas en Ingeniería Química, ya que proporcionan un contacto continuo entre un líquido y un gas, formando parte importante de procesos de absorción y desorción, entre otras operaciones que representan una transferencia de masa compleja. El principio utilizado en esta práctica es el contacto continuo de un líquido y un gas en una torre empacada a contracorriente.

Teniendo este sistema de la torre de absorción se pretende colocar sensores y válvulas de tal forma que se logre controlar el funcionamiento de esta así como la retroalimentación hacia el usuario de la información de los sensores, para que las prácticas realizadas tengan un mejor desempeño y se logre un mejor estudio con la obtención de

^aEste proyecto pertenece a la primera fase automatización que se realiza en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de Universidad del Valle de Guatemala, por lo que espera que abra el camino de la automatización en este laboratorio como en la UVG

datos más realistas. En términos específicos se desea que el sistema automático pueda:

- a) controlar el flujo del agua y el gas por medio de válvulas proporcionales de precisión.
- b) determinar la temperatura dentro y fuera de la torre de absorción por medio de sensores de temperatura
- c) medir la diferencia de presión respecto de la parte superior con la inferior del empaque

d) determinar el porcentaje de humedad en la parte superior de la torre de absorción

e) por medio de un programa se pueda controlar los flujos de entrada a la torre, el encendido y apagado de la bomba de agua; se obtiene una retroalimentación amigable de todos los sensores colocados en la torre para poder saber que ocurre en esta en cada momento, y

f) tener la capacidad de adaptarse a una red ZigBee

Se espera que en la práctica se pueda:

- a) determinar las curvas de carga en la gráfica de operación
- b) determinar la curva de inundación experimentalmente
- c) determinar la retención estática y cinética del empaque, y
- d) determinar la caída de presión a la largo de la torre para distintos flujos de aire y agua.

DESARROLLO

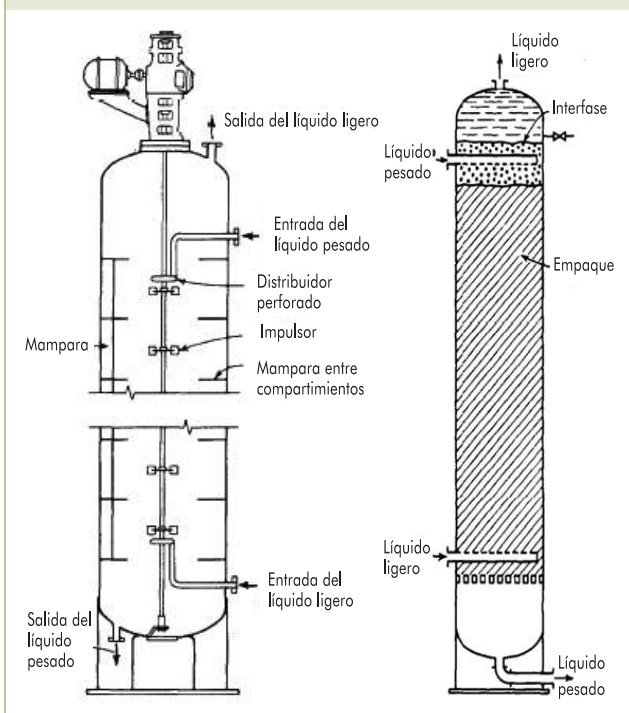
Como primer paso se estudiaron los requerimientos necesarios para la automatización de la torre de absorción, donde se seleccionaron los componentes que cumplieran con dichos requisitos. Se seleccionó la ubicación de los componentes como se muestra en la figura No. 2.

Las válvulas proporcionales se colocaron en las entradas de la torre de absorción para el control del flujo de entrada. Se colocó un sensor de presión en la parte superior y otro en la inferior para poder calcular el diferencial de ambos. Se colocó un sensor de temperatura dentro de la torre y otro por fuera para conocer la temperatura ambiente.

Se realizaron ensayos hasta lograr desarrollar un circuito el cuál controlara todos los componentes de la automatización. El circuito se muestra en la figura No. 3. Cuenta con un microcontrolador que ofrece las posibilidades de un pequeño computador, en su interior posee un procesador, memoria y otros periféricos (Parallax, 2007). El microcontrolador es el encargado de recibir los datos de los sensores, mandar la señal de control a las válvulas y a la bomba del líquido, también es el encargado de la comunicación con el computador. Se desarrolló un programa en lenguaje de MikroBasic el cuál fue introducido al microcontrolador para que realizara las funciones requeridas.

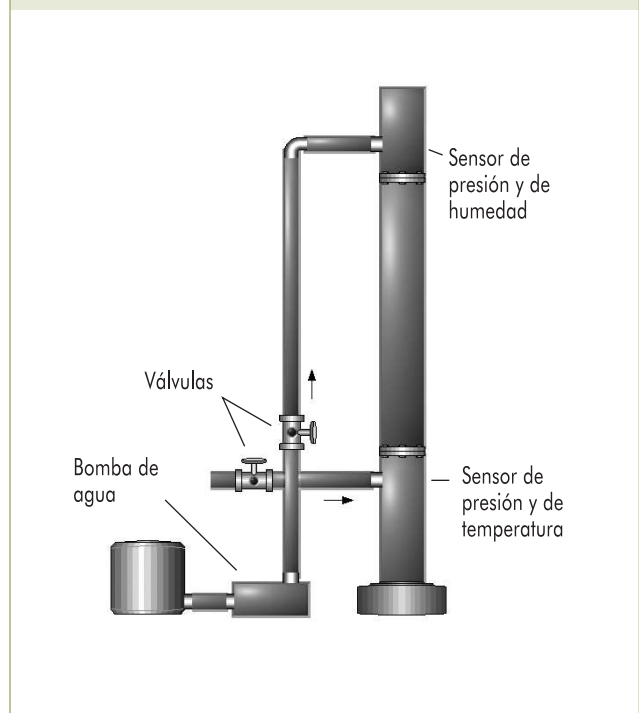
► **Figura 1.**

Torre de Absorción (a) vista general (b) entradas y salidas de la torre (Treybal, 1980)

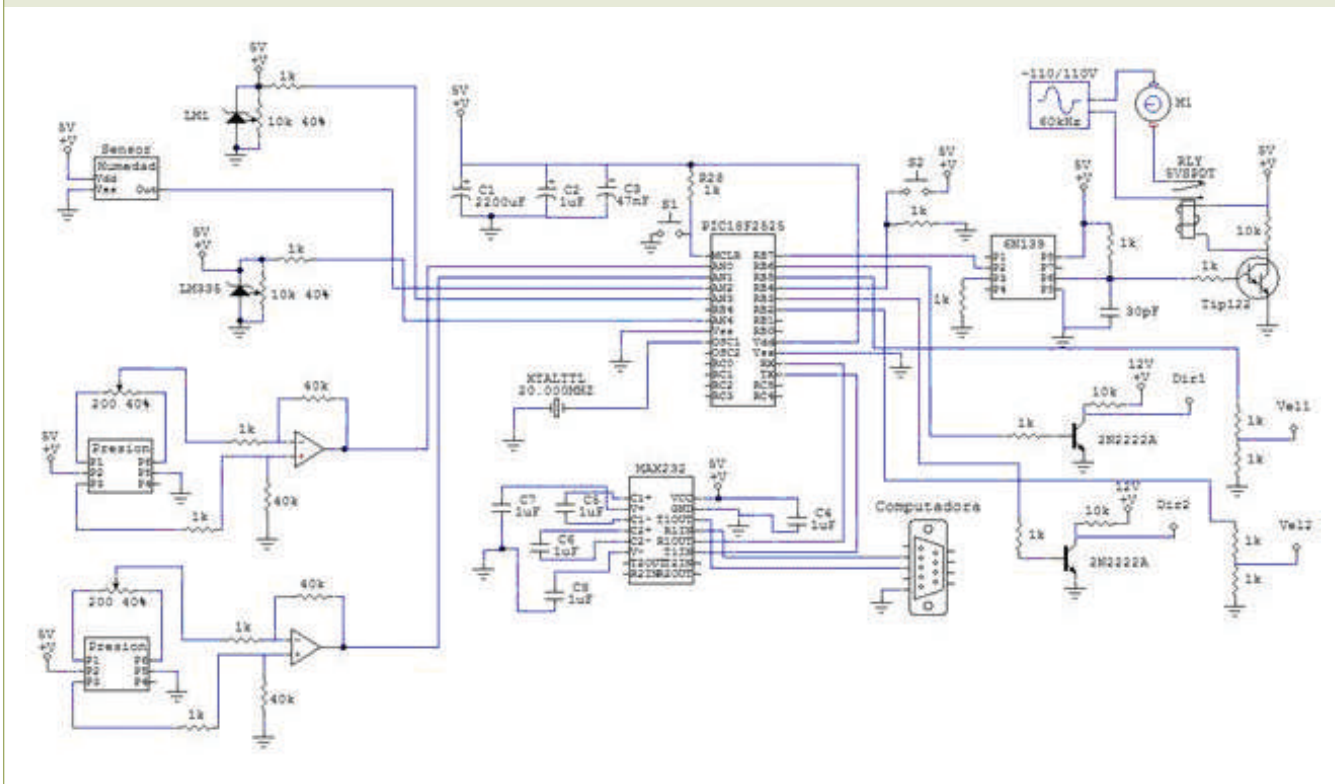


► **Figura 2.**

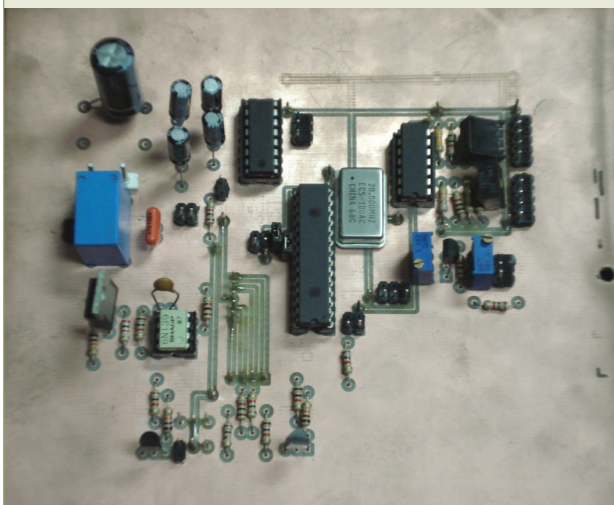
Ubicación de los componentes



► **Figura 3.** Circuito diseñado para el control de la torre de absorción



► **Figura 4.** Circuito impreso con los componentes soldados



Al obtener un óptimo funcionamiento por medio del circuito de la figura No. 3, se utilizó una fresadora para realizar un circuito impreso en una placa de cobre y así poder soldar a ésta los componentes como se muestra en la figura No. 4 y obtener esta placa que se pudiera dejar de manera fija en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

Se procedió a instalar los componentes en la torre de absorción, se colocó la válvula para el control del flujo del líquido como se muestra en la figura No. 5, la válvula para el control del flujo de gas como se muestra en la figura No. 6, los sensores de presión, los sensores de temperatura y el sensor de humedad.

Se instaló un panel de control en la torre de absorción como se muestra en la figura No. 7, el cuál contiene el circuito impreso para el control de los componentes y la comunicación con la computadora. Este panel de control posee dos botones, el primero en la parte superior (figura No. 7) sirve para reiniciar el proceso y el segundo es el detenido de emergencia al momento que el usuario decida hacerlo.

Para finalizar se realizó un programa en lengua de LabVIEW, en donde se puede realizar todo el control de los componentes. Está dividido en tres partes: a) en medio se encuentra la imagen de la torre de absorción, b) del lado izquierdo se encuentran los controles que puede manipular el usuario y c) del lado derecho están los indicadores de los sensores, como se puede ver en la figura No. 8.

► **Figura 5.**
Válvula para el control del flujo de líquido



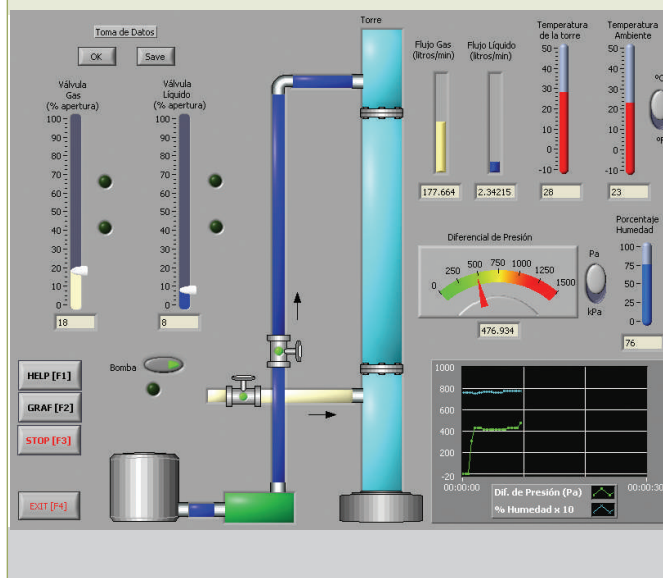
► **Figura 6.**
Válvula para el control del flujo de gas



► **Figura 7.**
Panel de control instalado



► **Figura 8.**
Presentación del Programa



Las opciones que ofrece el programa son:

1. Control por parte del usuario. El usuario puede controlar cuatro cosas en este programa, éstas son: a) control de las válvulas, b) control sobre la bomba de agua, c) toma de datos, y d) botones de opciones variadas.
2. Retroalimentación al usuario. Es de gran importancia ya que se posee un sistema de control. Se es necesaria la retroalimentación para poder lograr un buen funcionamiento de la torre de absorción. La retroalimentación posee las siguientes partes: a) imagen de la torre de absorción, b) indicador de humedad, c) indicadores de temperatura (en °C o °F), d) indicador del diferencial de presión (en Pa o kPa), e) indicadores de flujo, f) gráfica, y g) retroalimentación del microcontrolador.
3. Ayuda al usuario. Posee una ayuda al usuario para que este pueda utilizar el programa de una forma sencilla.

Se procedió a realizar la práctica en la torre de absorción con las nuevas herramientas instaladas La práctica la realizaron los siguientes estudiantes de Ingeniería Química: Andrés Hernández, Oscar Guzmán, Mónica Morales, Sergio Meléndez y Karla Ordóñez.

RESULTADOS

Tabla 1.

Valores promedio del Coeficiente de Empaque seco C_D y Coeficiente de Empaque Húmedo C_F para anillos Rasching para el sistema Agua/Aire.

Coeficiente de Empaque seco, C_D	Coeficiente de Empaque húmedo, C_F
272.52 ± 47.12	208.02 ± 69.72

Tabla 2.

Valores promedio de la Retención total del líquido por parte de los empaques, área de humidificación del aire y espacio vacío de operación para la Torre Empacada del Laboratorio de Operaciones Unitarias UVG

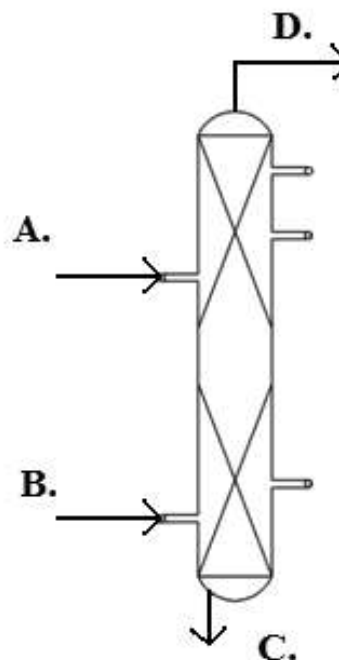
Retención Total del Líquido, Φt	Área de humidificación, $^{\circ}A$ (m^2/m^3)	Espacio vacío, ϵLO
0.0820 ± 0.0071	32.08 ± 14.96	0.5980 ± 0.0071

Tabla 3.

Valores promedio de Balance de Masa en la Torre Empacada del Laboratorio de Operaciones Unitarias UVG

B. Entrada de Gas ($kg/m^2 \cdot s$)	A. Entrada de Líquido ($kg/m^2 \cdot s$)	D. Salida de Gas ($kg/m^2 \cdot s$)	C. Salida de Líquido ($kg/m^2 \cdot s$)
0.81 ± 0.25	2.08 ± 0.17	0.81 ± 0.25	2.08 ± 0.17
0.42 ± 0.17	3.16 ± 0.16	0.42 ± 0.17	3.16 ± 0.16
0.46 ± 0.18	4.24 ± 0.35	0.46 ± 0.18	4.24 ± 0.35
0.46 ± 0.18	5.33 ± 0.44	0.46 ± 0.18	5.33 ± 0.44
0.46 ± 0.18	6.41 ± 0.53	0.46 ± 0.18	6.41 ± 0.53
0.39 ± 0.17	8.58 ± 0.71	0.39 ± 0.17	8.58 ± 0.71
0.46 ± 0.25	12.92 ± 1.06	0.46 ± 0.25	12.92 ± 1.06
0.64 ± 0.20	17.25 ± 1.42	0.64 ± 0.20	17.25 ± 1.42

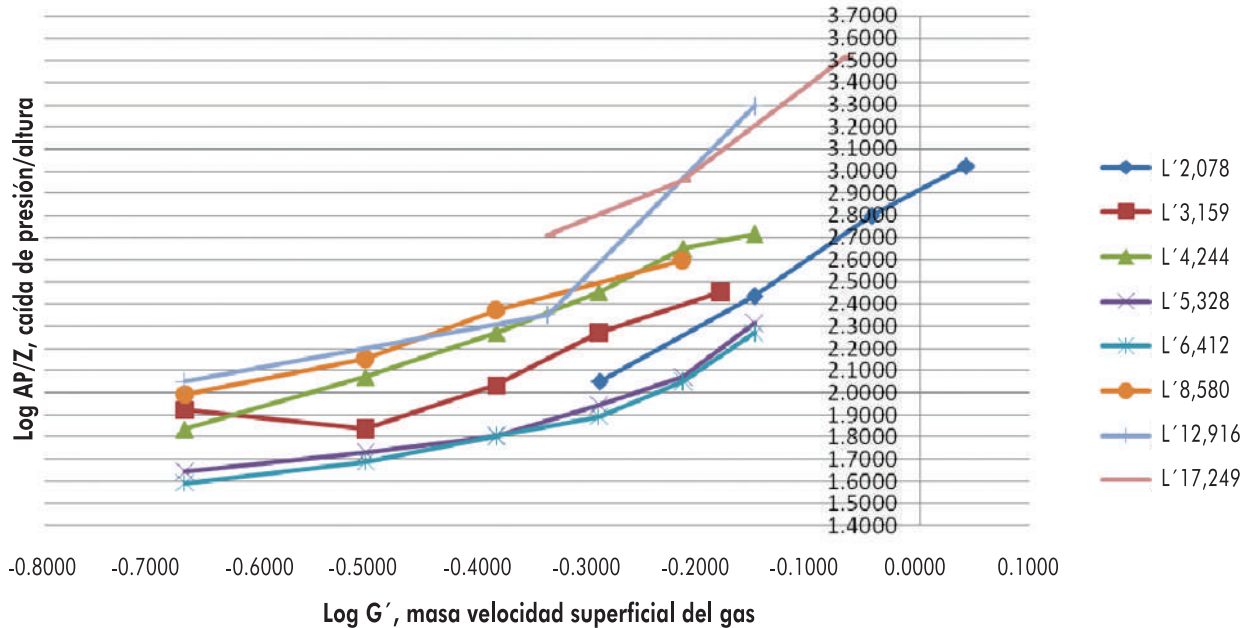
► **Figura 9.**
Balance de Masa de la Torre empacada



► Figura 10.

Caída de presión del gas en función del flujo de gas para el sistema aire/agua en la torre empacada

Gráfica 1 Caída de Presión del gas en función del flujo de gas para el sistema Aire/Agua



CONCLUSIONES

- Se controló el flujo de agua y del gas de la entrada a la torre de absorción por medio de válvulas de precisión y el control de la bomba de agua, por medio de un programa.
- Se obtuvo una retroalimentación al usuario de los flujos de entrada a la torre de absorción, de las mediciones de la temperatura dentro y fuera de la torre de absorción y del diferencial de presión respecto de la parte superior con la inferior y de la humedad en la parte superior.
- El Coeficiente de Empaque Seco de Anillos Rashing CPVC de 13mm de diámetro fue de 272.52 ± 47.12 .
- El Coeficiente de Empaque Húmedo de Anillos Rashing CPVC de 13mm de diámetro fue de 208.02 ± 69.72 .
- La retención total del líquido fue de 0.0820 ± 0.0071 .
- El área de humidificación fue de $32.08 \pm 14.96 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Este valor fue elevado debido a que el aire se estaba humidificando en cada empaque de la torre.
- El espacio libre entre empaque fue de 0.5980 ± 0.0071 . El valor obtenido fue cercano a uno debido a que la distribución en la torre es de empaques al azar, lo que significa que existe poco espacio libre entre empaques.

BIBLIOGRAFÍA

Treybal, Robert E. "Operaciones de Transferencia de Masa". Segunda edición. McGraw-Hill. Buenos Aires. 1980.

Parallax. "¿Qué es un microcontrolador?". Guía del Estudiante Versión 1.1. Versión en Castellano 1.1 2006. [Documento PDF] Disponible en URL: http://parallax.com/dl/docs/books/edu/wamv1_1spanish.pdf [2007]



Otto Girón,

Catedrático, Departamento Ingeniería
Química y Departamento de Ingeniería
Electrónica, Facultad de Ingeniería,
Universidad del Valle de Guatemala
ottog10@hotmail.com