



# Title: Cálculo del área de transferencia de calor necesaria para un transformador de calor de una etapa

**Author:** Abril Yoronid, ALBORES-MAYO, Alejandro, ALAFFITA-HERNÁNDEZ, José Vidal, HERRERA-ROMERO, Darío, COLORADO GARRIDO.

**Editorial label ECORFAN:** 607-8534  
**BCIERMMI Control Number:** 2018-03  
**BCIERMMI Classification (2018):** 251018-0301

**Pages:** 12  
**Mail:** yoronid@hotmail.com  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

### ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 | 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic Republic
Spain	El Salvador	of Congo
Ecuador	Taiwan	Nicaragua
Peru	Paraguay	



## **1. Introducción**

1.1 Antecedentes

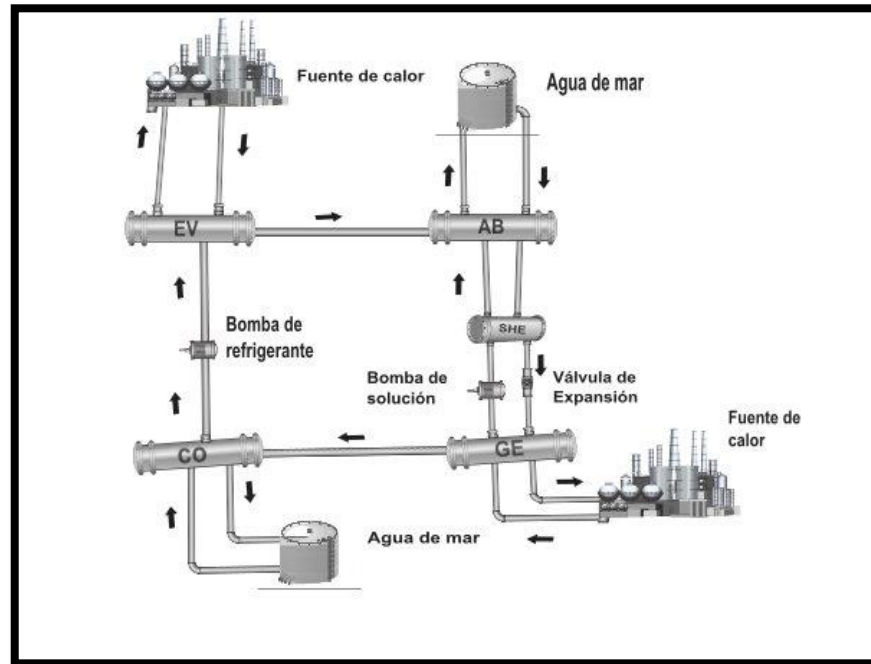
1.2 Problemática

1.3 Objetivos

## **2. Metodología**

## **3. Resultados y discusión**

## **4. Conclusiones**



Jain, V., & Gulshan, S. (2017). Energy, exergy, economic (3E) analysis and multi-objective optimization of vapor absorption heat transformer using NSGA-II technique. *Energy Conversion Management*.

Colorado, D. (2017). Advanced exergy analysis applied to a single-stage heat transformer. *Applied Thermal Engineering*.



En el trabajo de Colorado (2017) no han sido calculados algunos aspectos como:

- El área de transferencia de calor por cada componente.
- Su dimensión.
- Geometría
- Tipo de intercambiadores.
- Materiales de construcción.



- **General:** Calcular el área de transferencia de calor total de un transformador de calor de absorción de vapor para contribuir a su diseño.
- **Específicos:**
  1. Calcular las propiedades termo-físicas de los diferentes compuestos con los que se trabajan.
  2. Calcular adecuadamente los diferentes coeficientes convectivos.
  3. Calcular el coeficiente de calor global.
  4. Calcular el área de transferencia de calor total necesaria para un sistema dado.



El método empleado para el cálculo del área es el propuesto por Jain y Sachdeva (2017):

$$\dot{Q}_k = A_k LMTD_k U_k \quad (1)$$

Donde:

A es el área de transferencia de calor del componente k, la LMTD es la diferencia de temperatura media logarítmica que se obtiene como:

$$LMTD_k = \frac{\Delta T_k^2 - \Delta T_k^1}{\ln \frac{\Delta T_k^2}{\Delta T_k^1}}$$

y la  $U_k$  es el coeficiente de transferencia de calor global que se expresa matemáticamente:

$$U_k = \frac{1}{\left(\frac{D_o}{D_i}\right) \left(\frac{1}{h_i}\right) + \left(\frac{D_o}{D_i}\right) F_i + \left(\frac{D_o}{2k}\right) \ln \frac{D_o}{D_i} + F_o + \frac{1}{h_o}}$$



En la ecuación del coeficiente de transferencia de calor global  $D_i$  y  $D_o$  son los diámetros internos y externos,  $L$  es el largo del tubo,  $F_i$  y  $F_o$  son los factores de ensuciamiento internos y externos, y  $k$  es el coeficiente de conductividad térmica.

Para el cálculo del área de transferencia de calor total es utilizada la ecuación 2:

$$A_T = A_{Ev} + A_{Co} + A_{Ab} + A_{Ge} \quad (2)$$

En la ecuación del área total, los subíndices  $Ev$ ,  $Co$ ,  $Ab$  y  $Ge$  hacen referencia al evaporador, condensador, absorbedor y generador, respectivamente.

Para efectos de comparación fue usada la ecuación 3:

$$\dot{Q} = U^* LMTDA^* \quad (3)$$

El coeficiente de transferencia de calor global para la ecuación 3 es calculado como:

$$U^* = \frac{1}{h_i}$$



## Coeficiente de película interno

Componente	Di	Do	L	N. Pasos	Fi	Fo
Evaporador	13.84	15.87	6.096	4	0.09	0.09
Absorbedor	13.84	15.87	6.096	4	0.09	0.09
Generador	13.84	15.87	6.096	6	0.09	0.09
Condensador	13.84	15.87	6.096	6	0.09	0.09

**Tabla1** *Parámetros de dimensionamientos geométricos y factores de ensuciamiento de los intercambiadores de calor (2017).*

Para hallar el coeficiente de película interno primero es calculado el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Posteriormente, hallado el número de Prandtl, es valorado el número de Nusselt bajo ciertas condiciones:

$$Nu = \frac{fr}{8} (Re - 1000) \left[ \frac{Pr}{1 + 12.7 \left(\frac{fr}{8}\right)^{0.5} (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)} \right]^3 \quad 0.5 < Pr < 10^6 \text{ y } 4000 < Re < 5 \times 10^6.$$

Por último, el coeficiente de convección interno local es hallado de acuerdo con Gnielinski (1976):

$$hi = \frac{Nuk}{\mu} \quad (4)$$





## Coeficientes de película externos

- Rohsenow, Hartnett y Cho (1998).

$$h_o(T_s - T_{sat}) = \mu_l h_{fg} \left[ \frac{g(\rho_l - \rho_v)}{\sigma} \right]^{0.5} \left[ \frac{C_{pl}(T_s - T_{sat})}{0.013 h_{fg} Pr} \right]^3$$

- $T_s = T_a + \frac{ho(T_{sat} - T_c)}{h_{io} + ho}$
- Aportación por Holman(2010):
- $ho = 0.725 \left[ \frac{g \rho_l (\rho_l - \rho_v) k_l^3 h_{fg}}{\mu_l (T_{sat} - T_s) d} \right]^{0.25}$

Evaporador

Condensador

Absorbedor

Generador

- Contribución de Bakhtiari y otros (2011), y Wang (1996):

$$h_o = 2000 \left[ \frac{\mu}{10^{-6}} \right]^{-1.7}$$

- Hoffmann (1996) encuentra una correlación para su cálculo

$$h_o = 5554.3 \Gamma^{0.236}$$



La Tabla 2 y la Tabla 3 resumen los cálculos obtenidos con la aplicación de la metodología propuesta por Jain y Sachdeva(2017), y aplicados al diseño de Colorado(2017) para un transformador de calor.

Intercambiador	T [°C]		Coeficientes convectivos	
	Ti	To	ho	hi
<b>Evaporador</b>	29.02	65	0.0103	0.0785
<b>Generador</b>	56.43	64	1228.5373	8.8439
<b>Absorbedor</b>	64.96	97.1	725.172	1.0431
<b>Condensador</b>	65	29	18.3884	15.0062

**Tabla 2** Coeficientes de transferencia de calor de cada componente del transformador. Elaboración propia.

Intercambiador	Coeficientes de transferencia de calor		Áreas	
	U	U*	A	A*
<b>Evaporador</b>	0.0103	12.7389	15.213	1.9961
<b>Generador</b>	3.0621	0.1131	0.0864	2.3388
<b>Absorbedor</b>	0.7712	0.9587	0.1651	0.1328
<b>Condensador</b>	3.0595	0.0666	0.0417	1.9158
<b>Total</b>			15.5062	6.3835

**Tabla 3** Coeficientes de transferencia de calor global y áreas por componente y totales. Elaboración propia.



- Este estudio presenta el cálculo del área de transferencia de calor total de un transformador de simple efecto, a partir del cálculo de los coeficientes convectivos, el coeficiente de transferencia de calor global y la diferencia media logarítmica de temperatura de cada elemento del sistema.
- El área de transferencia de calor total del transformador de calor calculada es de  $15.5062 \text{ m}^2$ . La mayor influencia en el cálculo de área de transferencia es debida a los coeficientes de transferencia de calor donde se presenta la evaporación o la transferencia de masa.
- Las correlaciones ocupadas tienen ciertos límites de aplicación, principalmente en el flujo másico, y los propuestos por Colorado [2] no cumplen con estos rangos. Por lo que es necesaria una búsqueda de coeficientes convectivos apropiados para el sistema.



- [1] Bakhtiari, B., Fradette, L., Legros, R., & Paris, J. (2011). A model for analysis and design of H<sub>2</sub>O-LiBr absorption heat pumps. *Energy Convers Manage*, 1439–48.
- [2] Colorado, D. (2017). Advanced exergy analysis applied to a single-stage heat transformer. *Applied Thermal Engineering*.
- [3] Gnielinski, V. (1976). New equations for heat and mass transfer in pipe and channel flow. *International Chemical Engineering*, 359-367.
- [4] Hoffmann, L., Greiter, I., Wagner, A., Weiss, V., & Alefeld, G. (1996). Experimental investigation of heat transfer in a horizontal tube falling film absorber with aqueous solutions of LiBr with and without surfactants. *International Journal of Refrigeration*, 331–41.
- [5] Holman, J. P. (2010). *Heat Transformer*. New York: McGraw-Hill.
- [6] Jain, V., & Gulshan, S. (2017). Energy, exergy, economic (83E) analysis and multi-objective optimization of vapor absorption heat transformer using NSGA-II technique. *Energy Conversion Management*.
- [7] Rohsenow, W., Hartnett, J., & Cho, Y. (1998). *Handbook of heat transfer*. New York: McGraw Hill.
- [8] Wang, C., Lu, Z., & Yuchi, B. (1996). Heat and mass transfer of the falling film generator in. *Proceedings*, (págs. 556–561.). Shanghai, China.



## **Cálculo del área de transferencia de calor necesaria para un transformador de calor de una etapa.**

MAYO, Abril Yoronid†, ALAFFITA HERNÁNDEZ, Alejandro, HERRERA ROMERO, José Vidal y COLORADO GARRIDO, Dario.

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Av. Universidad km 7.5, C. P. 96535 Col. Santa Isabel, Coatzacoalcos, Veracruz.

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables. Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos. Av. Universidad Km.7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 96355, Coatzacoalcos, Veracruz México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos. Av. Universidad Km.7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 96355, Coatzacoalcos, Veracruz México.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables. Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos. Av. Universidad Km.7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 96355, Coatzacoalcos, Veracruz México, (ORC ID – 0000-0003-4157-1005 Thomson-56013715700, CVU 3<sup>er</sup> Coautor: 171579

Autor para la correspondencia: yoronid@hotmail.com (Abril Albores) y dcolorado@uv.mx (Dario Colorado).



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)