



# Title: Metodología para el diseño de Intercambiadores de calor tipo coraza y tubos

Author: NUÑEZ-HERNÁNDEZ, Lourdes

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCONIMI Control Number: 2020-36  
BCONIMI Classification (2020): 120320-0036

Pages: 11  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

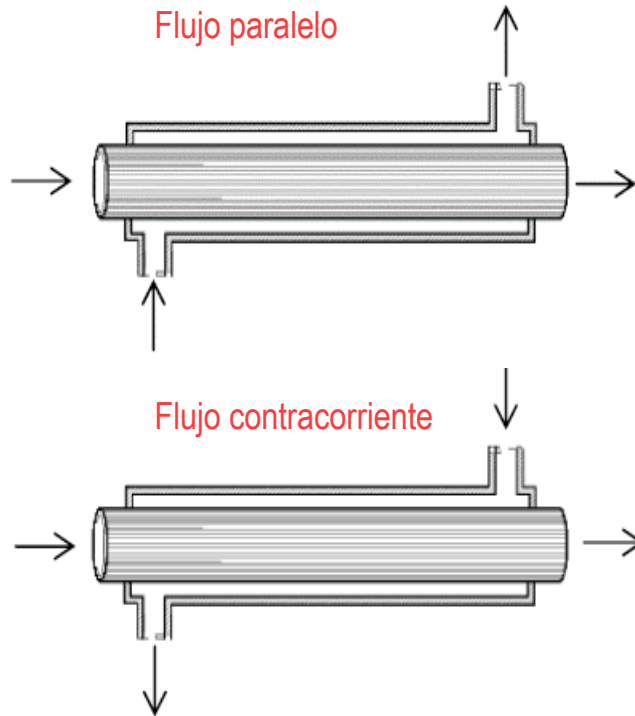
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

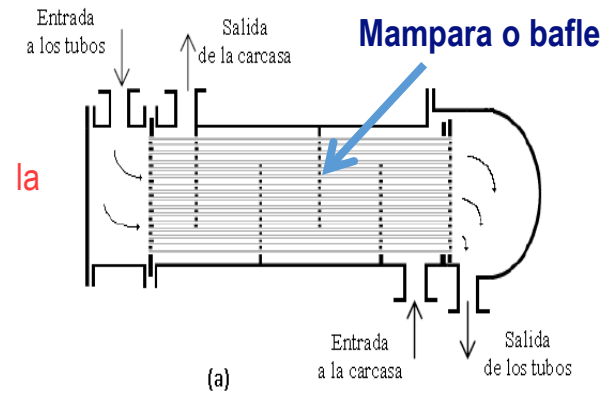
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Intercambiadores de Calor

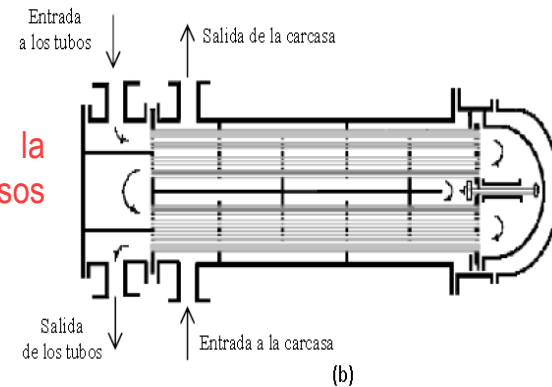
Equipo multitubular en arreglos paralelos que presentan grandes áreas para la transmisión de calor en el interior de una carcasa o coraza.



Un paso por la carcasa y tubos



Dos pasos por la carcasa y 4 pasos por los tubos



# Objetivos



## General

Generar una aplicación computacional que permita realizar el cálculo de la temperatura media de fluidos que se hacen circular en el sistema tubos-coraza de un intercambiador de calor con flujo a contracorriente y diferentes parámetros geométricos.

## Específicos

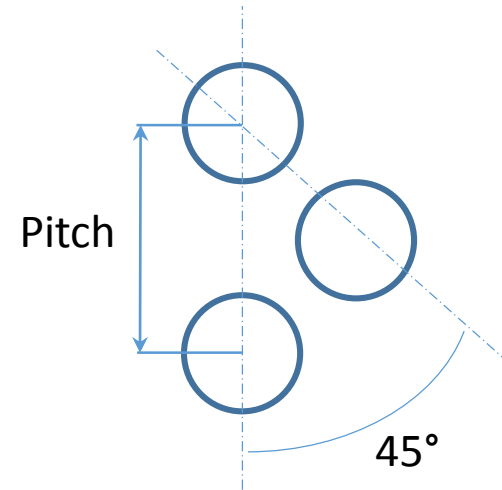
- Definir los parámetros geométricos del intercambiador de calor.
- Consultar y seleccionar datos de correlaciones correspondientes divulgadas en fuentes especializadas.
- Realizar un análisis térmico con el método  $\epsilon$ -NTU (épsilon NTU), generar un algoritmo de cálculo y codificarlo en el programa EES (Engineering Equation Solver de sus siglas en inglés).
- Crear una interfaz gráfica de usuario en el programa EES.
- Realizar ejecuciones de la aplicación y validar con datos reportados.

# Metodología



Disposición geométrica de tubos en el intercambiador.

**Esquema triangular.**



**Parámetros geométricos.**

Diámetro interno de los tubos.
Diámetro externo de los tubos.
Número de baffles o mamparas
Número de tubos
Longitud de los tubos
Radio Pitch
Número de pasos tubos
Conductividad del material

# Metodología



Correlaciones para  
Coeficientes convectivos externos "ho"  
Fluido fluyendo en la coraza

Correlación de Zukauskas (Zukauskas 1987)

$$Nu_D = C Re_{D,max}^m Pr^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{0.25}$$

	C	m
10 < Re ≤ 100	0.9	0.4
100 < Re ≤ 1000	0.683	0.466
1000 < Re ≤ 2E + 05	0.35	0.6

Correlación de Kern (Kern 1950)

$$\frac{h_o D_o}{k} = 0.36 \left(\frac{D_o G_s}{\mu}\right)^{0.55} \left(\frac{Cp\mu}{k}\right)^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_b}\right)^{0.14}$$

Para número de Reynold  
 $2 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^6$

Correlación de Hilpert (Hilpert 1933)

$$Nu_D = C Re_D^m Pr^{0.33}$$

Re <sub>D</sub>	C	m
0.4-4	0.989	0.330
4-40	0.911	0.385
40-4000	0.683	0.466
4000-40,000	0.193	0.618
40,000-400,000	0.027	0.805

Correlación de Bell Delaware (Delaware 1988)

$$h_o = J_i Cp \left(\frac{\dot{m}}{A_s}\right) \left(\frac{k}{Cp\mu}\right)^{0.66} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14}$$

$$J_i = 0.37 Re_s^{-0.395}$$

Correlación de Taborek (Taborek 1991)

$$Nu_D = 0.2 Re_s^{0.6} Pr_s^{0.4}$$

Correlaciones para  
Coeficientes convectivos internos "hi"  
Fluido fluyendo en los tubos

Correlación de Colburn (Colburn 1933)

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{1/3}$$

Correlación de Gnielinski (Gnielinski 1976)

$$Nu_D = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) (Re_D - 1000) Pr}{1 + 12.7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} (Pr^{0.66} - 1)}$$

Correlación de Sieder-Taste (Sieder 1936)

$$Nu_D = 0.027 Re_D^{0.8} Pr^{0.33} \left(\frac{\mu_b}{\mu_w}\right)^{0.14}$$

Correlación de Petukov (Petukov 1970)

$$Nu_D = \frac{\left(\frac{f}{2}\right) Re_D Pr}{1.07 + 12.7 \left(\frac{f}{2}\right)^{0.5} (Pr^{0.66} - 1)}$$

Correlación de Nutter y Sleicher (Sleicher and Rouse 1975)

$$Nu_D = 5 + 0.015 Re_D^m Pr^n$$

$$m = 0.88 - \frac{0.24}{4 + Pr}$$

$$n = 0.33 + 0.5 \exp(-0.6Pr)$$

# Metodología



**Balance de calor en los fluidos dentro del intercambiador de calor:**

Cantidad de calor absorbida  
o cedida por el fluido  
fluyendo en la carcaza

=

Cantidad de calor cedida o  
absorbida por el fluido  
fluyendo en los tubos

$$\dot{m}_{carc} C_{p_{carc}} (T_{sc} - T_{ec}) = \dot{m}_{tub} C_{p_{tub}} (T_{et} - T_{st})$$

## Variables

$\dot{m}$	Flujo másico
$C_p$	Capacidad calorífica
$T$	Temperatura

## Subíndices

$sc$	Salida lado coraza
$ec$	Entrada lado coraza
$et$	Entrada lado tubos
$st$	Salids lado tubos

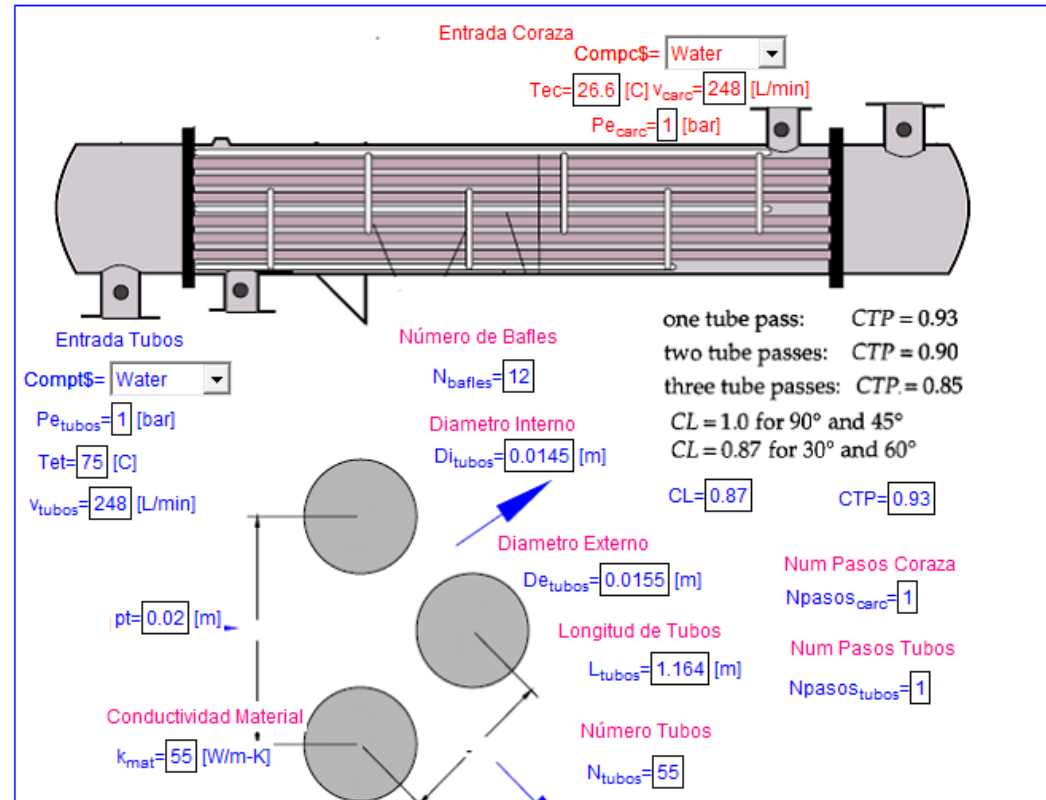
# Metodología



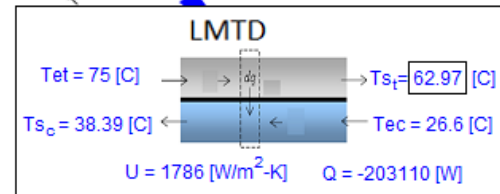
Interfaz gráfica que permite establecer los parámetros geométricos del intercambiador de calor.

Así como:

1. Tipos de fluido.
2. Temperaturas de entrada de los fluidos.
3. Conductividad térmica del material de los tubos.
4. La presión de entrada de los fluidos en la coraza y los tubos.



Calculate

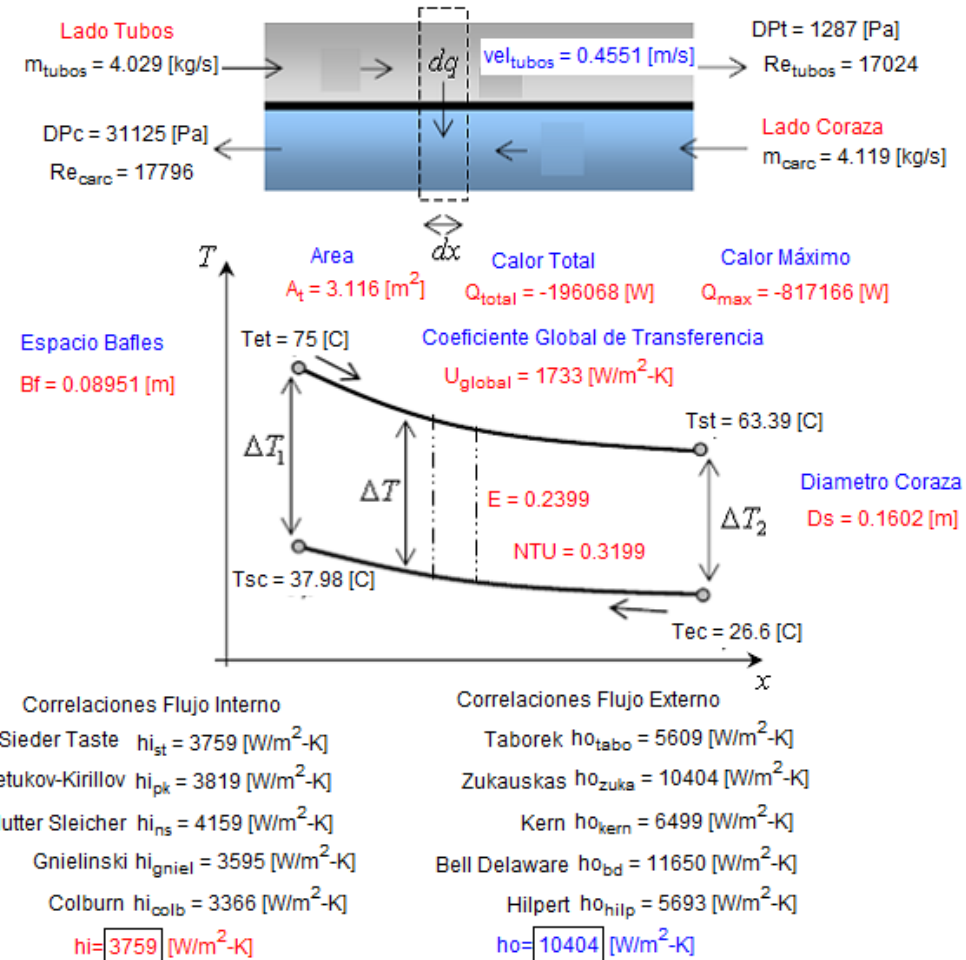


# Resultados



Interfaz gráfica que permite establecer el valor de los coeficientes convectivos internos ( $h_i$ ) y externos ( $h_o$ ).

La interfaz presenta al usuario los resultados implementando el método de cálculo  $\epsilon$ -NTU.





# Resultados



## Datos de interés obtenidos:

- Térmicos
  - Temperatura promedio de salida del fluido lado coraza y tubos.
  - Coeficiente global de transferencia ( $U_{global}$ ).
  - Calor total transferido ( $Q_{total}$ ).
- Mecánicos
  - Flujo másico en los lados coraza y tubos
  - Caída de presión en los lados coraza y tubos
  - Velocidad promedio de los fluidos en los lados

# Resultados



## Ejemplo de caso de estudio:

La comparación de temperaturas de salida de los lados coraza y tubos para los cuatro casos, la diferencia entre ellos es de 1 a 2 °C aproximadamente.

Los coeficientes convectivos  $h_i$  y  $h_o$  que se adaptaron para este caso de estudio fueron, respectivamente los asociados a las correlaciones de:

1. Nutter-Sleicher (interno)
2. Zukauskas (externo)

Los datos Ref.[\*] fueron consultados de reportes de casos experimentales.

	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4	
	Ref. [40]	Modelo	Ref. [40]	Modelo	Ref. [40]	Modelo	Ref. [40]	Modelo
Temp Salida Coraza (°C)	35.3	33.64	37.5	36.59	35.6	34.56	35,6	34,61
Temp Salida Tubos (°C)	47.9	49.58	49.4	50.86	48.2	50.02	48,9	49,95
Diámetro Coraza (m)	0.185	0.1586	0.185	0.1586	0.185	0.1586	0,185	0,1586
Distancia entre Baffles (m)	0.08325	0.08951	0.08325	0.08951	0.08325	0.08951	0,08325	0,08951
Área de transferencia (m <sup>2</sup> )		3.11		3.11		3.11		3,11
Transferencia de Calor Total (W)	148313	119813	122663	108351	132652	117389	130341	116913
Coefficiente Global (W/m <sup>2</sup> -K)	2224	1697	2198	1693	2267	1676	1976	1661
Coefficiente Interno (W/m <sup>2</sup> -K)	2763	3667	2788	3684	2770	3676	2777	3673
Coefficiente Externo (W/m <sup>2</sup> -K)	4766	9883	4633	9628	4427	9148	4312	8743
Caída de Presión Carcasa (Pa)	78000	35036	68000	31018	58000	27646	51000	24282
Caída de Presión Tubos (Pa)	7000	1332	7000	1330	7000	1331	7000	1331

# Conclusiones



- Se desarrolló una metodología básica mediante un sistema computacional para obtener resultados en el menor tiempo posible y predecir el rendimiento térmico y mecánico del equipo.
- Para 7 casos de análisis, de los cuales se consultaron datos reportados en la literatura de los correspondientes intercambiadores de calor reales, los resultados obtenidos en 6 casos muestran un error generalizado de 3% al 6%. El caso 7 mostró una incertidumbre con un 15%. En este sentido, el alcance del modelado queda restringido para este tipo de arreglo geométrico, propiedades de sustancias y parámetros de operación.

# Conclusiones



- La aplicación computacional ayudará a determinar las áreas de transferencia de calor, temperaturas de salida de los fluidos fríos y caliente independientemente si entran por la coraza o por los tubos así como las caídas de presión por dentro y fuera de los tubos.
- Se puede decir que la aplicación genera datos confiables de análisis de intercambiadores de calor tipo coraza y tubos para las diferentes configuraciones geométricas consideradas.



**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. BCONIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)