Autorizada.

# Propuesta de proyecto de integración en Ingeniería Mecánica

**Licenciatura**: Ingeniería Mecánica

**Nombre del proyecto de** integración**(PI):** Análisis térmico de un intercambiador de calor de placas paralelas por simulación empleando Dinámica de Fluidos Computacional.

**Modalidad**: Proyecto de investigación

**Versión:** Segunda

**Trimestre lectivo**:22I

**Datos del alumno:**

Nombre: Fernando Bautista Velázquez

Matrícula: 2163073927

Correo electrónico: bautistafer650@gmail.com

Teléfono: 5573429402

Firma: _____

**Datos del asesor:**

Asesor: Dr. Jorge Ramírez Muñoz

Categoría: Profesor Titular tiempo completo

Departamento de adscripción: Energía

Correo electrónico: jrm@azc.uam.mx

Firma: _____

**Datos del Co-asesor:**

Co-asesor: M. en I. Oscar García Aranda

Empresa: DITYPRO, S.A. DE C.V.

Correo electrónico: magozkr@hotmail.com

Firma: _____

Fecha**:** 19/05/22

**Declaratoria**

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Bautista Velázquez Fernando

Dr. Jorge Ramírez Muñoz

M. en I. Oscar García Aranda

## 1. Introducción

Un intercambiador de calor es un dispositivo que transfiere energía térmica desde una fuente o un fluido a alta temperatura hacia un fluido a baja temperatura con ambos fluidos moviéndose a través del aparato. Esta transferencia puede realizarse por contacto directo entre los fluidos o través de una pared que separa la fuente y el fluido o los fluidos [1].

Los intercambiadores de calor son equipos que se utilizan en la mayoría de industrias ya que han adquirido una gran importancia ante la necesidad de ahorrar energía y de disponer de equipo óptimos en función de su análisis térmico y del rendimiento económico en su instalación [2].

El intercambiador de calor de placas es un tipo de intercambiador que consta de una estructura armada que mantiene un conjunto de placas paralelas que forman un conducto. El conjunto de cada unidad consiste en placas corrugadas hechas con diferentes tipos de materiales dependiendo de su aplicación. Al borde de cada placa se acopla una junta y así todas las placas se convierten en una estructura compacta [3]. Los intercambiadores de calor de placas con su alta eficiencia (50%-80%) son una opción popular en las unidades de ventilación para la recuperación de energía. Para mejorar la eficiencia del intercambiador de calor es necesario aumentar los coeficientes de transferencia de calor a ambos lados de la pared, esto se logra mejorando la turbulencia de los fluidos dentro de los canales o controlando el espacio entre las placas [4]. Su instalación es fácil al igual que su mantenimiento y de costo accesible de construcción, es por ello que el presente proyecto se centra en este tipo de intercambiadores de calor.

A pesar de que los intercambiadores de placas paralelas son ampliamente usados no se dispone de un método rápido para su diseño cuando se trabaja con corrientes de aire. El realizar pruebas experimentales con distintas configuraciones y condiciones de operación puede resultar costoso y de un tiempo de realización prolongado. Ante esto el desarrollo de modelos computacionales basado en herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) es una alternativa atractiva para el ahorro de tiempo y recursos.

La Dinámica de Fluidos Computacional es una herramienta que para la simulación numérica de fluidos y otros fenómenos modelados mediante ecuaciones diferenciales parciales (EDP) como la transferencia de calor y es de gran utilidad para analizar y comprender lo que sucede dentro de un intercambiador. Mediante esta herramienta es posible aplicar diversos modelos dependiendo del régimen de fluido y obtener resultados de distribuciones de temperaturas, presiones o cualquier otro parámetro que sea de nuestro interés. Para el proyecto a realizar, se propone el uso del software comercial ANSYS-Fluent® el cual se basa en el método de volumen finito para solución de las EDP y contiene una librería amplia de modelos y propiedades para la simulación del flujo y transferencia de calor dentro de nuestro sistema de análisis

El proyecto busca la caracterización por simulación numérica de un intercambiador de placas paralelas para el enfriamiento de corrientes de aire. Se busca determinar coeficientes de transferencia de calor a distintas condiciones de operación, así como crear una base de datos de temperaturas de salida estimadas por simulación que ayuden al diseño rápido de este tipo de sistemas.

## 2. Antecedentes

En literatura se dispone de una gran cantidad de estudios relacionados al análisis de intercambiadores de calor mediante CFD. Sin embargo, la mayor parte de ellos se enfocan al estudio de intercambiadores de tubos y coraza, siendo escasos los trabajos reportados a intercambiadores de placas paralelas en esta sección se plantean los más relevantes.

Al-Zubayai, Hong y Dartnall [5], presentan diseños de intercambiadores de calor de placas de aluminio de contraflujo para tener la mejor eficiencia para un sistema de enfriamiento evaporativo, así como la recuperación de calor del aire de retorno mediante el intercambio aire-aire entre las dos corrientes. Realizaron el diseño en CFD en ANSYS-Fluent® para visualizar el análisis de la caída de presión, velocidad de flujo y efectividad térmica al tener dichos valores se predice la eficiencia del intercambiador; la separación entre las placas, la turbulencia entre las paredes y con ello tener la elección del diseño apropiado.

Yebra-Pérez y Ramírez-Minguela [6], realizaron simulaciones en ANSYS-Fluent® sobre un intercambiador de calor de placas, construyeron la geometría en tercera dimensión con tres diferentes configuraciones en dicho programa, así como su mallado para obtener como resultado los perfiles de presión, temperatura y velocidad para cada configuración del intercambiador dependiendo del número de bafles que contiene la geometría. La investigación se realizó para un fluido no newtoniano. Obtuvieron que el incremento de la temperatura tiende a hacer dependiente del tipo del régimen del fluido y que a mayor incremento de la temperatura al tener un fluido en régimen turbulento favorece la transferencia de calor en el interior del intercambiador.

Sonjaya, Suyitno y Tatak[7], realizaron simulaciones CFD ANSYS-Fluent® para diseñar un intercambiador de calor de placas planas de flujo cruzado para instalarlo en una secadora para madera de y eficientar el proceso de secado. Realizaron cálculos previos de los coeficientes de transferencia de calor, así como de las dimensiones de las placas del intercambiador. Visualizaron los resultados de la transferencia de calor que se da dentro del intercambiador y obtuvieron las temperaturas de entrada y salida del lado frio y lado caliente respectivamente, con estos datos graficaron la curva de eficiencia del intercambiador y con ello tener un análisis de diseño.

Lindqvista, Skaugen y Meyer [8].Realizaron simulaciones numéricas mediante CFD en el software OpenFoam para analizar la transferencia de calor conjugado en intercambiadores de calor de placas y tubos para cuatro geometrías diferentes, posteriormente hicieron la comparación con datos experimentales para validar su modelo y posteriormente estudiar la dependencia de la transferencia de calor y el rendimiento limitado por caída de presión en relación con el conjunto de tubos transversales según sea el caso de estudio y así aumentar la confianza en las sugerencias de diseño de las rutinas de optimización. Mostraron que minimizar el ángulo de la matriz da como resultadouna mayor eficiencia de la aleta y el tubo.

## 3. Justificación

Los intercambiadores de calor de placas paralelas de flujo cruzado por su facilidad de mantenimiento y alta eficiencia energética son utilizados en muchos tipos de industrias. Sin embargo, su diseño es laborioso si no conocen de manera precisa los coeficientes de transferencia de calor u otras variables importantes requeridas para su diseño. Debido a que el realizar un trabajo experimental o analítico demora bastante tiempo para encontrar dichas variables, surge la necesidad de analizar un intercambiador de calor de placas paralelas mediante CFD para determinar coeficientes de trasferencia de calor, así como una base datos de temperaturas estimadas para facilitar su diseño rápido.

## 4. Objetivos

### Objetivo General

Caracterizar la transferencia de calor de un intercambiador de placas paralelas mediante técnicas de simulación de Dinámica de Fluidos Computacional para facilitar su diseño.

### Objetivos Particulares

- Crear un modelo computacional de un intercambiador de placas paralelas.
- Calcular las temperaturas de salida de las corrientes a distintas condiciones de operación (flujo másico y temperaturas de entrada).
- Determinar numéricamente los coeficientes de transferencia de calor del lado del fluido frio y caliente a distintas condiciones de operación.
- Generar un mapa de operación del intercambiador de calor.
- Proponer un método de diseño rápido para este tipo de intercambiadores.

## 5. Metodología

1. Desarrollo del modelo geométrico de una celda del intercambiador en ANSYS DesignModeler.
2. Generación de la malla computacional preliminar en ANSYS Meshing.
3. Definición del modelo de flujo y de energía, propiedades de los materiales, condiciones de frontera y criterios de convergencia en ANSYS-Fluent®.
4. Análisis de independencia de malla.
5. Determinación del número de celdas mínimo para obtener un número de Nusselt (número adimensional para la transferencia de calor) promedio constante.
6. Simulación del intercambiador a distintas condiciones de operación.
7. Análisis de datos y creación de correlaciones y gráficas de mapas de operación.

## 6. Cronograma de actividades

UEA para la que se solicita autorización.

| | |
|---|---|
| Proyecto de integración en Ingeniería Mecánica I | **x** |

| **Actividad** | **Semana** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Trimestre 22-P** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1. Buscar en literatura acerca el funcionamiento de los intercambiadores de calor de placas . | | | | | | | | | | | | |
| 2. Realizar una correlación que ajusten las variables de las propiedades del aire en Excel. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Desarrollar el modelo geométrico de una celda del intercambiador en ANSYS DesingModeler. | | | | | | | | | | | | |
| 4. Realizar la simulación numérica del intercambiador a distintas condiciones de operación. | | | | | | | | | | | | |
| 5. Determinar el número de celdas apropiadas para el intercambiador. | | | | | | | | | | | | |
| 6. Definir el modelo de flujo con sus respectivas características de materiales, condiciones de convergencia en ANSYS-Fluent® | | | | | | | | | | | | |
| 7. Elaborar el mapa de operación, el análisis de datos y el método corto de diseño. | | | | | | | | | | | | |
| 8. Elaborar y entregar el reporte final. | | | | | | | | | | | | |

## 7. Normatividad

Heat Exchanger Desing Handbook ( HEDH)

Establece métodos para el diseño de intercambiadores de calor, así como los parámetros esenciales para su construcción.

ASME- SECTION VIII. Rules for construccion of pressuare vessels.

Esta norma hace referencia a los requisitos aplicables al diseño, certificación, fabricación e inspección prueba para intercambiadores de calor.

UNE-EN ISO 28723: 2011, “Vitreos and porcelain enamels”

Esta norma establece la determinación de la cobertura en los bordes en placas de acero destinadas a intercambiadores de calor.

## 8. Entregables

Listado de elementos a entregar al finalizar el proyecto propuesto:

- Modelo computacional del intercambiador de calor de placas paralelas.
- Correlaciones para el cálculo del número de Nusselt (número adimensional para la transferencia de calor)
- Mapas de operación.
- Método corto de diseño.
- Reporte final

## 9. Referencias bibliográficas


[1] Sabogal, L.C., 2019, “Experimentación y simulación de tres diferentes configuraciones de intercambiadores de calor”, tesis, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes.

[2] Ramesh, S. Y Sekulic, D., 2003, *Fundamentals of Heat Extrangers Design* ., John Wiley & Sons.INC, New Jersey, cap.1.

[3] Cabazón, L.J., 2018, “Diseño y cálculo de un intercambiador de calor”, tesis, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones, Universidad de Cantabria.

[4] Thulukkanam, K., 2013, *Heat Design Handbook,* 2ª ed., Taylor & Francis Group, New York, cap.1.

[5] Al-Zubaydi,A. Hong,G. y Dartnall,W.,2017, “Modelig and cfd analysis of different plate heat exchangers”,*Heat and mass transfer conference*, Queensland University of Technology, Australia, pp.145-52.

[6] Yebrá,J. Y Minguela,J., 2018,”Análisis de trasferencia de calor de in intercambiador de placas mediante CFD”, Jóvenes en la Ciencia, **4** (1), págs.952-956.

[7] Sonjaya, A. Suyitno, B. y Tatak, A., 2021, “Cross-Flow Flat-Plate Heat Exchanger Using Computational fluid Dynamics Simulation on Wood Drying Chamber”, “Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, **12**(10), págs. 7105-7115.

[8] Lindqvista, k. Skanugen, G. y Meyer, O., 2021, “Plate fin and tube heat exchanger computational fluid dynamics model”, Applied Thermal Engineering, **189**, pp. 1-8.

[9] Tecnology Company Richmond,2019, “Heat Exchanger Desing Handbook”94802

[10] ASME, 2019 “Bpvc Section VIII- Rules for Construction of Pressuare Vessels Divison 1”

[11] ISO, 2011, “UNE-EN ISO 28723:2011”,https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0048542

## 10. Terminología

Método de diseño rápido: Es un procedimiento que no requiere el uso de algún simulador en su totalidad y que proporcionará resultados de diseño basado en el uso de evaluaciones de correlaciones simples en un tiempo corto.

## 11. Infraestructura

Se dispone del equipo de cómputo y software requeridos con licencia en la UAM unidad Cuajimalpa.

## 12. Asesoría complementaria

Dr. Valaur Ekbalam Márquez Baños, Departamento de procesos y tecnología, División de Ciencias Naturales e Ingeniería, UAM Cuajimalpa.
vmarquez@cua.uam.mx

## 13. Publicación o difusión de los resultados

No se tiene intención de publicar

**Análisis térmico de un intercambiador de calor de placas paralelas por simulación empleando Dinámica de Fluidos Computacional**

| Pág. | Comentario del CEIM | Pág. | Acción realizada en la PPI |
|---|---|---|---|
| 4 | En el segundo antecedente: ajustar alineación derecha del texto | 4 | Se realizó la alineación correspondiente. |
| 4 | En el cuarto antecedente: ajustar margen derecho del texto | 4 | Se ajustó el texto solicitado. |
| 5 | En la justificación segundo renglón hay un error en los signos de puntuación: tipos de industrias, Sin embargo, | 5 | Se eliminó la coma y se agregó un punto: tipos de industrias. Sin embargo, |
| 5 | En los objetivos particulares quinto punto: ¿Será el mejor término? Podrías colocar la explicación en terminología | 5 | En la parte de objetivos particulares quinto punto: Se modificó método de diseño corto a método de diseño rápido. |
| | | 8 | En la parte de terminología se escribió la definición de método de diseño rápido: Es un procedimiento que no requiere el uso de algún simulador en su totalidad y que proporcionará resultados de diseño basado en el uso de evaluaciones de correlaciones simples en un tiempo corto. |
| 5 | En la metodología: verificar que se cuente con el licenciamiento correspondiente. | 8 | En la parte de infraestructura se colocó: Con licencia de la UAM unidad Cuajimalpa. |
| 5 | En la metodología séptimo punto hay un error ortográfico: graficas. | 5 | Se agregó la coma a la letra correspondiente: gráficas. |
| 6 | En el cronograma de actividades punto 8 y 9: Elaborar y entregar el reporte final. | 6 | Se eliminó el punto 9 y en el punto 8 se escribió: Elaborar y entregar el reporte final. |