

Diseño, construcción y puesta en marcha de un regenerador de energía para el desarrollo y validación de estrategias de modelado matemático

escrita por

Omar Arturo Castillo-Méndez

Presentada al Departamento de ingeniería electrónica
como requisito fundamental para obtener el grado de

DOCTORADO EN CIENCIAS

en el

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Septiembre 2026

© 2026 Omar Arturo Castillo-Méndez. Este trabajo esta bajo la licencia de
[CC BY-NC-ND 4.0](#)

Escrita por:	Omar Arturo Castillo-Méndez Departamento de ingeniería electrónica Junio, 2026
Dirigida por:	Victor Manuel Alvarado Martinez Doctor en Ciencias, Director de Tesis
Dirigida por:	Ma. Guadalupe López López Doctor en Ciencias, Director de Tesis
Revisada por:	José Francisco Gómez Aguilar Doctor en Física Cenidet
Revisada por:	Ricardo Fabricio Escobar Jiménez Doctor en Ciencias Cenidet
Revisada por:	Jarniel García Morales Doctor en Ciencias Cenidet

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR DE TESIS

Victor Manuel Alvarado Martínez
Doctor en Ciencias
Departamento de Ingeniería Electrónica

CODIRECTORA DE TESIS

Ma. Guadalupe López López
Doctora en Ciencias
Departamento de Ingeniería Electrónica

REVISORES DE TESIS

José Francisco Gómez Aguilar
Doctor en Física
Departamento de Ingeniería Electrónica

Ricardo Fabricio Escobar Jiménez
Doctor en Ciencias
Departamento de Ingeniería Electrónica

Jarniel García Morales
Doctor en Ciencias
Departamento de Ingeniería Electrónica

Índice general

1. Introducción	7
1.0.1. Objetivo general	7
1.0.2. Objetivos específicos	8
1.0.3. Hipótesis	8
<i>Referencias</i>	9

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad el uso de combustibles fósiles ha sido primordial para el desarrollo de la sociedad. En México, según datos de la Secretaria de Energía, el consumo total de energía nacional de gas natural corresponde al 49.11 % el cual mayormente es usado para las termoeléctricas de ciclo combinado y combustión interna[1]. Para reducir la contaminación y recuperar calor residual de cualquier proceso debido a la combustión de combustibles fósiles es de vital importancia el estudio de recuperadores de energía térmica o regeneradores. En un proceso industrial térmico la temperatura residual esta en un rango de $100 - 200^{\circ}C$ [2].

Las aplicaciones de los intercambiadores de calor que funcionan como regeneradores de energía térmica se han investigado de manera puntual según su aplicación y uso. Se pueden encontrar en la literatura, calentadores de aire solar que son muy costosos para su fabricación dependiendo del material de construcción, por lo que se buscan técnicas para reducir sus costes de fabricación y que sean mas accesibles

Estos sistemas pueden ser diseñados a partir de correlaciones como por ejemplo el uso del número de Nusselt, esta cantidad adimensional indica como es la transferencia de calor por convección

Otra manera de abordar problemas térmicos es mediante las ecuaciones gobernantes de conservación de masa Con la ayuda de la tecnología, se pueden simular estos sistemas para comprobar los modelos obtenidos y asi tener una referencia mas fiable. La dinámica de fluidos computacional, es una gran herramienta que ademas de proveer información del comportamiento del flujo en la cavidades, principalmente para los que son en medios porosos Recientemente el modelado computacional y diseño artificial de medios porosos ha aumentado en los ultimos años debido a su aplicación en las áreas como la biomédica y eléctrica. En la investigación de esos sistemas se enfocan en como es la distribución de los poros o cavidades, y como su geometría afecta en la forma en que se transfiere calor o en la que mejor se aprovecha

1.0.1 Objetivo general

Diseñar, construir, y poner en operación una planta piloto de un regenerador de energía de lecho empacado, que sirva como estación de prueba para validar estructuras matemáticas que representen la dinámica de la planta y que sirvan para la solución de problemas de diseño, optimización y control de estos sistemas.

1.0.2 Objetivos específicos

- 1.- Obtener un prototipo de regenerador de energía con doble lecho empacado con un monolito metálico.
- 2.- Generar tres modelos matemáticos mediante diferentes métodos de modelado para reproducir el comportamiento térmico de un periodo de calentamiento o enfriamiento, todos validados con datos provenientes del prototipo experimental.
- 3.- Formular un modelo matemático del comportamiento térmico de un ciclo completo, en régimen pseudo-estacionario.

1.0.3 Hipótesis

Referencias

- [1] M. Secretaria de Energia. *Informe de Balance Nacional de Energía. ArXiv e-prints*. Consultado: 30 de Marzo 2023. <https://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia-2019>. 2021. arXiv: [1509.06344](https://arxiv.org/abs/1509.06344). URL: <https://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia-2019>.
- [2] R. Anish, V. Mariappan, S. Suresh, M. M. Joybari y A. M. Abdulateef. “Experimental investigation on the energy storage/discharge performance of xylitol in a compact spiral coil heat exchanger”. En: *International Journal of Thermal Sciences* 159 (ene. de 2021), pág. 106633. ISSN: 1290-0729. DOI: [10.1016/J.IJTHEMALSCI.2020.106633](https://doi.org/10.1016/J.IJTHEMALSCI.2020.106633).