



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS

Simulación Numérica del Evaporador de un Prototipo de Planta Maremotérmica de 1 kW eléctrico para el Mar Caribe Mexicano

PROYECTO TERMINAL

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REALIZADO POR

Emiliano Carrillo Camacho
Bryant Steve Delgado Díaz
Erick Pérez Solís

Asesor:

Dr. Víctor Manuel Romero Medina

Cancún, Quintana Roo a 30 de abril de 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS

Simulación Numérica del Evaporador de un Prototipo de Planta Maremotérmica de 1 kW eléctrico para el Mar Caribe Mexicano

PROYECTO TERMINAL

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REALIZADO POR

Emiliano Carrillo Camacho
Bryant Steve Delgado Díaz
Erick Pérez Solís

Asesor:

Dr. Víctor Manuel Romero Medina

Comité:

IME. Jarmen Said Virgen Suárez
M. en C. Juan Francisco Bárcenas Graníel

Titular de la Asignatura:

Dra. Estela Cerezo Acevedo

Cancún, Quintana Roo a 30 de abril de 2021

CARTA DE ACEPTACIÓN

Cd. De México a 4 de mayo de 2021

ASUNTO: CARTA DE TERMINACIÓN


Dra. Estela Cerezo Acevedo
Profesora investigadora
Titular de la Asignatura de Proyecto Terminal
Universidad del Caribe
P r e s e n t e

Por este medio me permito comunicar que el Proyecto Terminal: ***Simulación Numérica del Evaporador de un Prototipo de Planta Maremotérmica de 1 kW eléctrico para el Mar Caribe Mexicano***, que realizaron los estudiantes ***Emiliano Carrillo Camacho, Bryant Steve Delgado Díaz y Erick Pérez Solís***, de la Licenciatura en **Ingeniería Industrial** de la Universidad del Caribe y dirigidos por el ***Dr. Víctor Manuel Romero Medina*** ha sido concluido con resultados satisfactorios.

El proyecto cubre los siguientes aspectos

- i. Es innovador en el planteamiento de la solución, y/o la metodología aplicada;
- ii. Originalidad del trabajo desarrollado u originalidad en la metodología empleada en la solución de la problemática
- iii. Incluye formación de recursos humanos durante su desarrollo.

ATENTAMENTE



Dr. Miguel Ángel Alatorre Mendieta
Líder de Gradiente Térmico
CEMIE-Océano

CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2. ANTECEDENTES	9
1.2.1. INTERCAMBIADORES DE CALOR	10
1.2.2. INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS	10
1.2.3. SIMULACIÓN NUMÉRICA	11
1.3. SITUACIÓN ACTUAL	12
1.4. ESTADO DEL ARTE	12
1.5. PROPUESTA	17
1.6. JUSTIFICACIÓN	17
1.7. OBJETIVOS	18
1.8. HIPÓTESIS	18
1.9. MARCO TEÓRICO	18
1.9.1. FUENTES DE ENERGÍA	18
1.9.2. COMBUSTIBLES FÓSILES	19
1.9.3. ENERGÍAS RENOVABLES	19
1.9.4. CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA DEL OCÉANO	19
1.9.5. TIPOS DE PLANTAS OTEC	20
1.9.5.1. CICLO OTEC ABIERTO	20
1.9.5.2. CICLO OTEC CERRADO	21
1.9.6. INTERCAMBIADORES DE CALOR	21
1.9.6.1. INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS	22
1.9.7. SIMULACIÓN NUMÉRICA	22
1.9.8. SIMULACIÓN NUMÉRICA EN ANSYS FLUENT	23
1.9.9. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN EN ANSYS FLUENT	23
1.9.9.1. CREACIÓN DE LA GEOMETRÍA	23
1.9.9.2. MALLADO	23
1.9.9.3. DEFINICIÓN DE MATERIALES, CONDICIONES DE FRONTERA Y MATERIALES	24
1.9.9.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	24

1.9.10.	ECUACIONES DE CONSERVACIÓN	24
1.9.11.	CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	25
2.	METODOLOGÍA	26
3.	DESARROLLO	28
3.1.	CREACIÓN DE LA GEOMETRÍA	28
3.2.	MALLADO	29
3.2.1.	ECUACIÓN DE FRACCIÓN DE VOLUMEN	29
3.2.2.	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	30
3.2.3.	ECUACIÓN DE MOMENTUM	30
3.2.4.	ECUACIÓN DE ENERGÍA	30
3.2.5.	MODELO DE TENSIÓN SUPERFICIAL	31
3.2.6.	ECUACIONES DE TURBULENCIA	31
3.3.	METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN	32
3.3.1.	DISEÑO DE LA GEOMETRÍA	32
3.3.2.	DEFINICIÓN DEL MALLADO	33
3.3.3.	DEFINICIÓN DE MATERIALES Y CONDICIONES DE FRONTERA	34
3.3.4.	SIMULACIÓN	35
3.3.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
4.	RESULTADOS	35
5.	DISCUSIÓN	38
6.	CONCLUSIONES	39
7.	REFERENCIAS	41
8.	ANEXOS	45
8.1.	ANEXO 1: PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	45

RESUMEN

En décadas recientes ha aumentado el interés por el desarrollo de tecnologías OTEC considerablemente, y por consiguiente el interés de evaluar el desempeño de sus componentes dentro de un ambiente controlado. Durante los últimos cuatro años, investigadores y estudiantes de la Universidad del Caribe, han estado desarrollando un prototipo de planta OTEC para obtener 1kWe del gradiente térmico en el Mar Caribe en Cozumel, México. Como parte del proyecto se han estudiado numéricamente los cuatro componentes más importantes de este prototipo (bomba, evaporador, turbina, condensador). Sin embargo, no existen muchas investigaciones acerca del desempeño de los intercambiadores de calor para el cambio de fase por medio de simulaciones, la metodología utilizada para esta investigación está referenciada del manual del usuario de Ansys Fluent: (1) creación de la geometría, (2) discretización del volumen de control, (3) definición de propiedades físicas, (4) simulación y análisis de los resultados. En este trabajo se presenta la teoría, metodología y resultados para el cambio de fase del fluido de trabajo, finalmente exponemos las conclusiones y discusión de los resultados de este proyecto.

ABSTRACT

In recent decades, the interest for the OTEC technology has increased considerably, therefore the interest to evaluate the performance of its components within a controlled environment. Nowadays, during the last four years, researchers and students from the University of the Caribbean in Cancun have been developing an OTEC prototype to get 1kWe from the temperature gradient at Caribbean Sea in Cozumel, Mexico. As part of the project, the four main components of this prototype (pump, evaporator, turbine, condenser), have been studied numerically using the *Fluent Ansys* program. However, there is not much research about the Heat Exchangers performance for the phase change through simulations. The methodology used for this research is the simulation method in the *Ansys Fluent* User Manual: (1) Creation of the Geometry, (2) Discretization, (3) Set up the Physics and (4) Analysis of the results. The theory, methodology and results concerned for the phase change of the working fluid and finally the conclusions and discussion of the results of this project are presented.

Palabras clave: Simulación numérica, OTEC, Intercambiador de calor de placas.