



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

**DESARROLLO DE CONCEPTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE  
AGUA PURIFICADA PARA REFRIGERADORES DOMÉSTICOS CON ENFOQUE EN EL  
USUARIO MEXICANO**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**  
**NUNILA PATRICIA GUZMAN REYES**

**TUTOR**  
**DRA. MARIA DEL PILAR CORONA LIRA**

**UNIDAD DE ALTA TECNOLOGÍA**

**JURIQUILLA, QUERETARO**  
**OCTUBRE 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**UNIDAD DE ALTA TECNOLOGÍA**

**DESARROLLO DE CONCEPTO DE DISEÑO DE  
UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA  
PURIFICADA PARA REFRIGERADORES  
DOMÉSTICOS CON ENFOQUE EN EL USUARIO  
MEXICANO**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**P R E S E N T A**

Nunila Patricia Guzmán Reyes

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Maria del Pilar Corona Lira



**UNAM – Campus Juriquilla, Querétaro, QRO.**

**Mayo de 2024**

## ABSTRACT

The heating of purified water is a necessity in most Mexican households, especially for those looking for convenience and speed in food and beverage preparation. Currently, refrigerators with cold water and ice dispensers are increasingly common in Mexican homes; however, the inclusion of a system for heating purified water in these appliances has not yet become widespread.

This development focuses on the consumption of hot purified water among the Mexican population, their preferences, uses, and customs, aiming to develop the design concept of a water heating system for domestic refrigerators. This offers a method of obtaining hot water based on their needs, integrated into a basic appliance like the refrigerator.

The goal of this project is to provide a complete, competitive appliance with a new feature that complements the current portfolio of refrigerators, which mainly offer cold water and ice. Under the hypothesis that it is feasible to design and incorporate a hot water heating and dispensing system into a refrigerator to meet the needs of the Mexican market, the construction and evaluation of a purified water heating system is proposed using the DMADV methodology of Six Sigma.

The main feature of this proposal is that, unlike current systems such as coffee makers, electric kettles, etc., this system provides instant heating and does not require a tank.

Hence, the limitations of this research project lie in the fact that, since the objective is not to design a low-power consumption resistor, it is limited to researching, analyzing, and developing existing technologies for water heating in the Mexican market and adapting them for operation within a refrigerator.

In summary, this thesis addresses an innovative and relevant topic in the field of refrigerator design, aiming to provide the design concept of a water heating system for domestic refrigerators that meets the specific needs of Mexican users. Furthermore, this research may be relevant for appliance manufacturers looking to improve the quality of their products and increase their market share in Mexico.

## RESUMEN

El calentamiento de agua purificada es una necesidad básica en la mayoría de los hogares mexicanos, especialmente para aquellos que buscan comodidad y rapidez en la preparación de alimentos y bebidas. Actualmente, los refrigeradores con dispensador de agua fría y hielo son cada vez más comunes en los hogares mexicanos, sin embargo, la inclusión de un sistema de calentamiento de agua purificada en estos electrodomésticos aún no se ha generalizado.

El presente desarrollo se enfoca en el consumo de agua purificada caliente que tiene la población mexicana, las preferencias, usos y costumbres, con el objetivo de desarrollar el concepto de diseño de un sistema de calentamiento de agua para refrigeradores domésticos, ofreciendo así un método de obtención de agua caliente con base en sus necesidades, integrado en un electrodoméstico básico, como lo es el refrigerador.

El interés en este proyecto es el poder ofrecer un electrodoméstico completo, competitivo y con un nuevo atributo que complemente la cartera de agua fría y hielo que hoy tienen los refrigeradores.

Bajo la hipótesis de que es posible diseñar e incorporar a un refrigerador, un sistema de calentamiento y dispensado de agua caliente, que satisfaga las necesidades de obtención de agua caliente del mercado mexicano, se propone la construcción y evaluación de un sistema de calentamiento de agua purificada bajo la metodología DMADV de seis sigma.

La característica principal de esta propuesta es que a diferencia de los sistemas con los que se cuentan hoy en día, cafeteras, jarras eléctricas, etc.; este sistema es de calentamiento instantáneo y no hace uso de un tanque.

De aquí las limitaciones del presente proyecto de investigación, ya que al no ser el objetivo el diseño de una resistencia de bajo consumo eléctrico se limita a la investigación, análisis y desarrollo de tecnologías existentes para calentamiento de agua en el mercado mexicano y su adecuación para la operación dentro de un refrigerador.

En resumen, esta tesis aborda un tema innovador y relevante en el campo del diseño de refrigeradores, y tiene como objetivo proporcionar el concepto de diseño de un sistema de calentamiento de agua para refrigeradores domésticos que satisfaga las necesidades específicas del usuario mexicano. Además, esta investigación puede ser relevante para los fabricantes de electrodomésticos que buscan mejorar la calidad de sus productos y aumentar su participación en el mercado mexicano.

## IV.ÍNDICE

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1 OBTENCIÓN DEL AGUA CALIENTE COMO CARACTERÍSTICA EN LOS ELECTRODOMÉSTICOS.....	13
1.2 DISPENSADO DE AGUA EN EL REFRIGERADOR.....	14
1.3 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD .....	15
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.5 HIPOTESÍS.....	16
II. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS .....	17
2.2 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
III. MARCO TEÓRICO.....	18
3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	18
3.2 ESPECIFICACIÓN DE REFRIGERADOR .....	19
3.2.1 Características de refrigerador bottom freezer mabe, modelo PFM25LSKCSS ..	20
3.2.2 Sistema de despacho de agua.....	20
3.3 LEYES FUNDAMENTALES .....	21
A. Balance de energía .....	21
B. Transferencia de calor.....	22
C. Ley de conservación de la energía (Primer principio de la termodinámica) .....	22
D. Ley de Joule .....	22
E. Ley de Fourier de conducción térmica.....	23
F. Ley de convección de Newton.....	23

H.	Propiedades del fluido y del material de la resistencia .....	23
I.	Distribución de temperatura y flujo de fluido .....	23
J.	Eficiencia energética y diseño térmico .....	23
V.	ESTADO DEL ARTE.....	24
4.1	ANTECEDENTES .....	24
4.1.1	Tecnologías .....	24
4.1.2	Tendencia del mercado a practicidad para abastecimiento de agua .....	25
4.2	ANÁLISIS DEL MERCADO.....	25
4.2.1	Purificador con dispensador de agua sin tanque .....	25
4.2.2	Xiaomi <i>youpin</i> dispensador de agua de calentamiento instantáneo (s2101).....	26
4.2.3	Refrigerador <i>General Electric</i> con <i>k-Cup keurig</i> .....	27
4.3	BÚSQUEDA DE PATENTES .....	28
V.	MEDICIÓN.....	31
5.1	VOZ DEL CLIENTE .....	31
5.1.1	BLOQUE 1. PERFIL SOCIOECONÓMICO.....	31
5.1.2	BLOQUE 2. USOS Y COSTUMBRES DEL AGUA CALIENTE.....	32
5.1.3	BLOQUE 3. ACEPTACIÓN DE UN REFRIGERADOR CON DESPACHADOR DE AGUA CALIENTE .....	33
5.2	MEDICIÓN DEL SISTEMA DE DISPENSADO DE AGUA DEL REFRIGERADOR	
	36	
5.2.1	Método de medición .....	36
5.2.2	Resultados de la medición de línea base.....	38
VI.	ANÁLISIS .....	40
6.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	40
6.2	SOLUCIÓN TEÓRICA AL PROBLEMA.....	40
6.2.1	Volumen de control.....	40

6.2.2	Análisis de transferencia de calor .....	42
VII.	DISEÑO .....	44
7.1	TECNOLOGÍA POR UTILIZAR.....	44
7.1.1	Alcance de la tecnología .....	45
7.1.2	Análisis de transferencia de calor .....	47
7.2	ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN ANSYS .....	48
7.2.1	Generación de geometría .....	48
7.2.2	Mallado .....	49
7.2.3	Definición del modelo (elemento calefactor) .....	49
7.2.4	Análisis de resultados .....	51
7.3	DISEÑO DEL SISTEMA.....	52
7.3.1	DEFINICIÓN DEL BANCO DE PRUEBA.....	52
7.3.2	DESARROLLO DE CÓDIGO DE PRUEBA .....	55
7.3.3	DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO .....	55
7.4	MEDICIÓN FÍSICA DE TEMPERATURAS.....	56
VIII.	VALIDACIÓN .....	57
8.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	57
IX.	PROPUESTAS .....	59
a.	Reducción de flujo volumétrico.....	59
b.	Uso de resistencias a 220 V .....	59
X.	CONCLUSIONES .....	60
XI.	ANEXOS .....	61
XII.	BIBLIOGRAFIA .....	67

## SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

FF	<i>Fresh food</i> . Compartimento refrigerador.
FZ	<i>Freezer</i> . Compartimento congelador.
BF	<i>Bottom Freezer</i> . Refrigerador con configuración en la que el congelador se encuentra abajo.
ml	Mililitros.
$Q$	Cantidad de calor total.
$\dot{Q}_s$	Cantidad de calor por unidad de tiempo (flujo de calor).
$\dot{q}$	Cantidad de calor por unidad de tiempo y de masa.
$A_s$	Área superficial de convección del volumen de control.
Arad	Área superficial de radiación del volumen de control.
Atr	Área total de la sección transversal.
Cp.	Capacidad calorífica de un material.
SXS	<i>Side by Side</i> .
T	Variable temperatura.
t	Variable tiempo.
U	Diferencia de potencial eléctrico.
V	Volumen de un cuerpo.
P	Presión.
$T_{amb}$	Temperatura del ambiente.
$T_{FF}$	Temperatura del compartimento <i>Fresh food</i> .
$T_{FZ}$	Temperatura del compartimento <i>Freezer</i> .

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Usos del agua en México. CONAGUA estadísticas del agua, 2018.....	12
Figura 2. Diagrama de metodología DMADV (Centro-virtual.com) .....	18
Figura 3. Refrigerador Bottom Freezer mabe, modelo: PFM25LSKCSS. (Serviplus., s.f.).....	19
Figura 4. Interfaz de control del refrigerador Bottom freezer mabe, modelo: PFM25LSKCSS, (Serviplus., s.f.).....	19
Figura 5. Sistema de despachado de agua. Elaboración propia .....	21
Figura 6. Líneas estratégicas del área de refrigeración en la empresa mabe. Mabe .....	25
Figura 7. Partes que conforman a un sistema eléctrico de calentamiento de agua a demanda, (WaterLogic, 2024).....	26
Figura 8. Diagrama dispensador de agua sin tanque, (WaterLogic, 2024).....	26
Figura 9. Despachador de agua caliente Xiaomi, (Adan, 2019) .....	26
Figura 10. a) Refrigerador GE Café con sistema K-cup. b) Dispositivo K-cup, (GE, 2015) .....	27
Figura 11. Distribución de género en la población. Elaboración propia .....	31
Figura 12. Distribución de edades en la población. Elaboración propia .....	31
Figura 13. Distribución de la situación ocupacional de la población. Elaboración propia.....	32
Figura 14. Distribución de fuente de consumo de agua potable. Elaboración propia .....	32
Figura 15. Distribución de consumo de agua potable al día por persona. Elaboración propia.....	33
Figura 16. Distribución de la población a la preferencia de uso de un refrigerador con dispensado de agua caliente. Elaboración propia .....	34
Figura 17. Aceptación del tipo de interfaz para acceder al atributo de agua caliente en un refrigerador. Elaboración propia.....	35
Figura 18. Diagrama de circuito hidráulico para despachado de agua. Elaboración propia.....	39
Figura 19. Curva Volumen-Tiempo Despachador actual de un refrigerador Bottom Freezer mabe. Elaboración propia .....	39
Figura 20. Volumen de control del sistema. Elaboración propia.....	40
Figura 21. Etapas para el análisis del sistema de calentamiento de agua en un refrigerador. Elaboración propia .....	41
Figura 22. Resistencia Flow through heater II. Ferrotechnik .....	45
Figura 23. Proceso iterativo para el análisis del sistema mediante ANSYS fluent. Elaboración propia .....	48

Figura 24. Geometría simplificada de la resistencia Flow Through II. Elaboración propia.....	48
Figura 25. Mallado de la geometría simplificada con elementos de .0005 m. Elaboración propia .....	49
Figura 26. Configuración de valores de entrada y salida al sistema. Elaboración propia .....	50
Figura 27. Grafica de convergencia del análisis. Elaboración propia.....	51
Figura 28. Análisis de temperaturas a la entrada y a la salida del ducto. Elaboración propia.....	51
Figura 29. Temperatura promedio a la salida Elaboración propia.....	52
Figura 30. Diagrama de bloques de banco de pruebas. Elaboración propia .....	53
Figura 31. Banco de pruebas. Elaboración propia .....	53
Figura 32. Grafica temperatura-tiempo del agua a la salida del banco de pruebas. Elaboración propia. ....	56
Figura 33. Grafica temperatura-tiempo del promedio de temperaturas del agua registradas a la salida del banco de pruebas. Elaboración propia. ....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

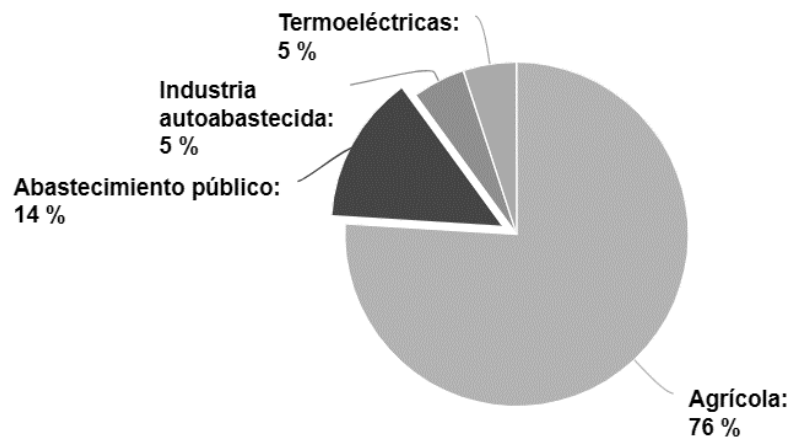
Tabla 1. Electrodomésticos en el mercado para obtención de agua caliente .....	14
Tabla 2. Comparativo de tiempo requerido para calentar 250 ml de agua en las diferentes tecnologías identificadas .....	24
Tabla 3. Especificaciones técnicas despachador de agua caliente Xiaomi .....	27
Tabla 4. Resumen de resultados de búsqueda de patentes .....	28
Tabla 5. Resumen de patentes significativas obtenidas en la búsqueda de patentes .....	29
Tabla 6. Valores de parámetros de control .....	36
Tabla 7. Distribución de temperaturas en el refrigerador PFM25LSKCSS con base en el procedimiento interno NDO .....	38
Tabla 8. Parámetros de diseño del sistema de agua caliente en un refrigerador .....	40
Tabla 9. Potencia y voltaje, resistencia de relación de diámetros 1:2 .....	46
Tabla 10. Potencia y voltaje, resistencia de relación de diámetros estándar .....	46
Tabla 11. Especificaciones de geometría simplificada .....	49
Tabla 12. Densidad de potencia del sistema .....	50
Tabla 13. Componentes del banco de pruebas .....	54
Tabla 14. Especificación técnica de la resistencia FTH MKII .....	63

## I. INTRODUCCIÓN

El suministro de agua de buena calidad para consumo humano es fundamental para la salud y el bienestar de la población, es aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano (NOM-127-SSA1-1994).

El término se refiere a agua que ha sido tratada para eliminar los contaminantes que podrían ser dañinos para la salud humana, y que cumple con los estándares de calidad establecidos por las autoridades sanitarias. El tratamiento del agua potable puede incluir procesos de filtración, desinfección, y ajuste del pH, entre otros. El objetivo del tratamiento es eliminar o reducir la cantidad de contaminantes en el agua, como bacterias, virus, productos químicos, metales pesados y otros microorganismos que pueden ser dañinos para la salud.

El agua potable es esencial para la vida humana y se utiliza para diversos fines. En México, 76 % del agua se utiliza en la agricultura; 14 %, en el abastecimiento público; 5 %, en las termoeléctricas y 5 %, en la industria, (Figura 1).



*Figura 1. Usos del agua en México. CONAGUA estadísticas del agua, 2018*

El 14% del agua destinada a abastecimiento público no solo es usada para beber, sino también para cocinar, preparar alimentos, y otras actividades domésticas (CONAGUA, 2018). En este proyecto de investigación nos centraremos en el agua que consumimos.

El agua caliente es importante por varias razones, tanto en términos de salud como de bienestar, en el ámbito doméstico satisface distintas necesidades. La empresa mabe ha buscado definir los usos a los que el usuario mexicano destina el agua y el agua caliente, a partir de encuestas aplicadas a diversos segmentos de la población mexicana, a partir de esta información definió 5 usos

principales a los que el usuario mexicano destina el agua caliente y los pensamientos que el usuario tiene sobre el agua caliente:

1. Higiene personal: el agua caliente es esencial para mantener una buena higiene personal. El agua caliente se utiliza para lavar las manos, limpiar el cuerpo y el cabello, y para la limpieza dental.
2. Preparación de alimentos: el agua caliente es esencial para cocinar alimentos y para preparar bebidas calientes, como té y café. También se utiliza para descongelar alimentos, escaldar verduras y otros procesos culinarios.
3. Limpieza: el agua caliente es más efectiva que el agua fría para limpiar y desinfectar superficies, como encimeras y utensilios de cocina. También puede ayudar a aflojar y eliminar la grasa y otros residuos de las superficies.
4. Confort y relajación: el agua caliente puede tener un efecto relajante y calmante en el cuerpo y la mente. Un baño caliente puede ayudar a aliviar el estrés, la tensión muscular y el dolor, y también puede ayudar a mejorar la calidad del sueño.
5. Uso médico: el agua caliente se utiliza en muchos tratamientos médicos, como terapia física y rehabilitación. El agua caliente también puede ayudar a reducir la inflamación y la hinchazón en ciertas condiciones médicas.

## 1.1 OBTENCIÓN DEL AGUA CALIENTE COMO CARACTERÍSTICA EN LOS ELECTRODOMÉSTICOS

La creación de un electrodoméstico surge a partir de la búsqueda de la satisfacción de las necesidades básicas del ser humano. Los electrodomésticos son dispositivos que permiten realizar y agilizar tareas domésticas y mejorar el confort del hogar. Ayudan a preparar y cocinar alimentos y a conservarlos, sirven para la limpieza y regular la temperatura y humedad del ambiente y del agua.

Hoy contamos con una infinidad de dispositivos que permiten realizar una tarea, satisfacer una necesidad básica, o hacer una tarea de forma automática sin la necesidad de ser intervenida por un ser humano más allá del inicio y fin de ésta, brindando practicidad y ahorro de tiempo a la persona; encontramos también electrodomésticos dedicados a tareas específicas o electrodomésticos que realizan diversas funciones.

Existen múltiples dispositivos cuya función, ya sea principal o adicional, es proveer agua caliente al usuario, tal es el caso de los principales ejemplos listados en la Tabla 1, en los cuales se hace distinción de su función principal (P) o secundaria (S) considerando como función principal el calentamiento de agua y como función secundaria todo aquello que no se limita solo al calentamiento de agua.

*Tabla 1. Electrodomésticos en el mercado para obtención de agua caliente*

No.	Electrodoméstico	Función	Clasificación
1	Jarra eléctrica	Calentar agua.	P
2	Microondas	Calentar los alimentos	S
3	Estufa.	Generar calor por medio de una combustión.	S
4	Dispensador de agua fría y caliente	Enfriar y calentar agua para su dispensado	P
5	Filtro con dispensador de agua fría y caliente	Filtrar, enfriar y calentar agua	S
6	Cafetera	Preparar café	S

## 1.2 DISPENSADO DE AGUA EN EL REFRIGERADOR

La Norma Oficial Mexicana define a un refrigerador electrodoméstico como: un aparato de volumen y equipos adecuados para uso doméstico enfriado por medio de un sistema refrigerante alimentado con energía eléctrica y en el cual se almacenan alimentos para su conservación (NOM-015-ENER-2012). Sin embargo, encontramos otras definiciones en las que se especifica un refrigerador como el electrodoméstico diseñado para mantener los alimentos y las bebidas frescas y en buen estado durante un período de tiempo prolongado.

Este electrodoméstico funciona mediante la eliminación del calor del interior del refrigerador y la expulsión de ese calor al ambiente exterior. Esto se logra utilizando un sistema de refrigeración que incluye un compresor, un evaporador y un condensador.

En la búsqueda de la satisfacción de las necesidades del usuario y la practicidad a actividades diarias, los refrigeradores han integrado funciones que van más allá de la conservación de

alimentos. Encontramos hoy en día la integración de sistemas de producción de hielo y almacenamiento de agua para su dispensado.

De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares 2020 (INEGI, 2020), el porcentaje de hogares en México que cuenta con un refrigerador es del 98.5%. Es decir, prácticamente la totalidad de los hogares en México cuentan con un refrigerador.

La integración de estos sistemas permite ampliar las funciones que este electrodoméstico puede ofrecer al usuario, así como permitir satisfacer necesidades no básicas mediante la adquisición del mismo electrodoméstico básico para una cocina mexicana; en conjunto con el impacto positivo que brinda a los fabricantes de electrodomésticos al permitirles mantener el posicionamiento tecnológico y competitividad de este electrodoméstico en el mercado mexicano.

### 1.3 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

Las personas buscamos contar con herramientas que nos ahorran trabajo o hagan más fácil nuestras actividades básicas de forma efectiva (dicho mercado se encuentra mayormente cubierto), dentro de esta búsqueda también hay tendencia a la comodidad y satisfacción de las personas, por lo que actualmente encontramos productos que, si bien no satisfacen necesidades básicas, buscan agradar al usuario a partir de la solución a actividades cotidianas.

El refrigerador es uno de los electrodomésticos de mayor ayuda para el ser humano dada su funcionalidad para la conservación de alimentos. Actualmente encontramos refrigeradores que permiten al usuario otras funciones como la generación automática de hielos y el dispensado de agua o de hielos, pero no ofrecen mayores opciones.

Tal es el caso del usuario mexicano, quien cuenta con limitadas opciones para la obtención y/o generación de agua caliente. Existen electrodomésticos que, permiten calentar agua, se muestran en la Tabla 1, algunos para su función principal requieren calentar agua como lo hacen las cafeteras, u otros que ofrecen además de otras opciones agua caliente, como los despachadores o filtros de agua; sin embargo los tiempos de calentamiento de agua son tardados, el volumen de agua caliente que ofrecen es mínimo y el espacio que ocupan en el hogar del usuario es considerable, además de que muchas de estas tecnologías hacen uso de un tanque en el que contienen agua caliente por largos periodos para lograr satisfacer la demanda del usuario.

La empresa mabe en la búsqueda de mantener su posicionamiento en el mercado

#### 1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Existen tecnologías en el mercado que permiten obtener agua caliente como se explica en Tabla 1, estos son electrodomésticos con la función específica de calentar agua que normalmente no encontramos en las cocinas mexicanas.

La empresa mabe ha identificado que el 98.5% de las cocinas mexicanas cuentan con un refrigerador (INEGI, 2020), y busca complementar sus iniciativas de innovación con funciones adicionales al dispensado de agua, ofreciendo agua caliente en sus refrigeradores de producción enfocados al mercado mexicano.

Conocemos que existe un refrigerador de Ge, empresa socia de mabe, que cuenta con despachado de agua caliente [4.2.3]. Sin embargo, el equipo de GE ha compartido que tienen múltiples opiniones negativas a este atributo por parte del usuario ya que se requiere de 2 minutos y 45 segundos para calentar 295 mililitros de agua a 75°C y posteriormente ser dispensada.

El equipo de GE ha determinado mediante un análisis de causa raíz que esto se debe a la tecnología que usan para calentar el agua ya que esta consiste en el uso de un tanque en donde se almacena el agua y una resistencia eléctrica para el calentamiento.

A partir de esto se encuentra el problema, ya que actualmente el mercado mexicano no cuenta con un refrigerador que ofrezca el atributo de agua caliente en el despachador de agua.

Las tecnologías usadas actualmente para calentar agua para consumo requieren:

1. Que el agua se encuentre almacenada en un tanque hasta que el usuario la solicite.
2. Una etapa de calentamiento del agua que dura al menos 2 minutos.

El análisis de los usos y costumbres del usuario mexicano realizado para este proyecto nos permitió conocer que la expectativa de un sistema de calentamiento y dispensado de agua integrado en el refrigerador es el obtener 250 mililitros de agua a 80°C en un periodo de 16 segundos.

#### 1.5 HIPOTESIS

Con base en la definición del problema se plantea la siguiente hipótesis:

Es posible diseñar e incorporar a un refrigerador, un sistema de calentamiento y dispensado de agua caliente, que satisfaga las necesidades del mercado mexicano.

En la etapa de análisis se plantea el problema matemático a resolver para probar la hipótesis.

## II. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

### 2.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el concepto de diseño de un sistema de calentamiento de agua para despachador de refrigerador doméstico con enfoque en el usuario mexicano.

### 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer y analizar los usos y costumbres que tiene el usuario mexicano en cuanto al consumo de agua caliente purificada.
- Propuesta de diseño conceptual de sistema de calentamiento de agua.
- Validar mediante prototipo funcional la capacidad del sistema propuesto

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la metodología Define, Mide, Analiza, Diseña y Verifica (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*), DMADV por sus siglas en inglés metodología de diseño para SEIS SIGMA, que es muy útil en la creación de nuevos productos, servicios y procesos teniendo como prioridad asegurar la satisfacción de los usuarios mediante un marco de referencia estructurado.

La metodología DMADV (Centro-virtual.com, 2022), es la utilizada en el diseño o reingeniería de procesos en SEIS SIGMA, (Figura 2).

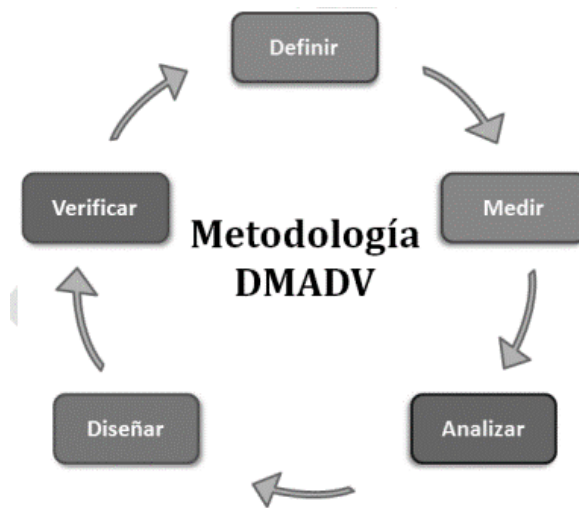


Figura 2. Diagrama de metodología DMADV (Centro-virtual.com)

Su nombre responde al acrónimo del nombre en inglés de sus cinco fases:

- Definir. Establecer los objetivos del proceso conforme a los entregables necesarios tanto para los clientes externos como internos.
- Medir. Determinar y cuantificar las necesidades del cliente, así como los requerimientos de la especificación.
- Analizar. Realizar un análisis de las opciones para que el proceso cumpla los requisitos y expectativas del cliente.
- Diseñar. Establecer los detalles del proceso para cumplir los requisitos y expectativas del cliente.
- Verificar. Comprobar las prestaciones del proceso diseñado y su capacidad para cumplir los requisitos y expectativas del cliente.

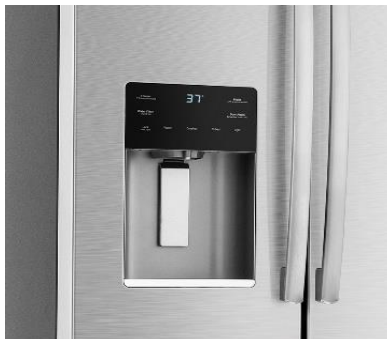
### 3.2 ESPECIFICACIÓN DE REFRIGERADOR

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se utilizará un refrigerador *Bottom freezer* mabe, modelo: PFM25LSKCSS, que se muestra en la Figura 3.



*Figura 3. Refrigerador Bottom Freezer mabe, modelo: PFM25LSKCSS. (Serviplus., s.f.)*

El cual, al ser un refrigerador con despachador de agua y hielo en puerta para un segmento mexicano medio-alto, cuenta con las características oportunas para la introducción y validación de este atributo, que se muestra en la Figura 4.



*Figura 4. Interfaz de control del refrigerador Bottom freezer mabe, modelo: PFM25LSKCSS, (Serviplus., s.f.)*

Este refrigerador, al igual que muchos de los refrigeradores disponibles en el mercado mexicano, sólo ofrece al usuario las opciones de dispensar: hielo entero, hielo molido o agua fría. Para ello, cuenta con una serie de componentes hidráulicos que denominaremos sistema de despacho de agua.

### 3.2.1 Características de refrigerador bottom freezer mabe, modelo PFM25LSKCSS

Como características generales de este refrigerador encontramos que cuenta con un sistema de enfriamiento “*Multiflow air system*” el cual a través de múltiples salidas para la distribución de aire en el compartimento refrigerador logra temperaturas adecuadas para la conservación de alimentos, esto lo hace en conjunto con 5 sensores de temperatura distribuidos en el interior del refrigerador. Alarma de puerta abierta y una torre de acero y acabados metálicos, son otras de sus características.

Además, cuenta con un control electrónico exterior con pantalla digital que permite el despacho de agua y hielo ya que este refrigerador cuenta con una fábrica automática de hielos y cubeta para hielos en puerta, así como con un sistema de almacenamiento de agua para su enfriamiento y un filtro para agua principalmente usado en refrigeradores GE. Este filtro está diseñado para filtrar y purificar el agua que pasa a través del sistema de agua y hielo de tu refrigerador. Este tipo de filtro generalmente elimina impurezas comunes del agua del grifo, como el cloro, sedimentos, plomo, mercurio y otros contaminantes potenciales. Además, puede mejorar el sabor y el olor del agua al eliminar los elementos que pueden afectar su calidad.

### 3.2.2 Sistema de despacho de agua.

El sistema de despacho de agua con el que este refrigerador cuenta es de suma importancia para el desarrollo de investigación ya que este será el sistema por intervenir y complementar con los componentes necesarios para el calentamiento de agua.

Partiremos de la definición del sistema usado para el despacho de agua, el cual, cuenta con los componentes listados a continuación:

1. Válvula simple
2. Filtro de agua
3. Válvula doble
4. Tanque de agua
5. Dispensador de agua

En el diseño actual estos componentes se distribuyen por todo el interior del refrigerador, en donde se forma un circuito hidráulico que solo requiere que el usuario conecte la línea de entrada de agua

a la instalación de su casa y podrá obtener agua fría haciendo uso del dispensador del refrigerador, (Figura 5).

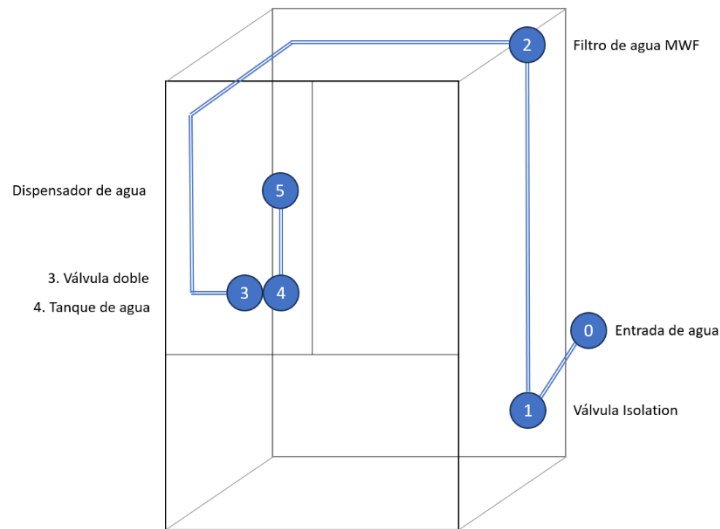


Figura 5. Sistema de despacho de agua. Elaboración propia

### 3.3 LEYES FUNDAMENTALES

La transferencia de calor es un fenómeno fundamental para el estudio y análisis en sistemas de calentamiento de fluidos, como el agua. En esta tesis, se aborda la aplicación de las leyes fundamentales de la transferencia de calor para el análisis detallado de una configuración específica: la resistencia *flow-through* utilizada para calentar agua. Este sistema, ampliamente empleado en diversos contextos industriales y domésticos, representa un caso de estudio relevante para comprender cómo los principios de conducción, convección y radiación térmica interactúan para influir en el rendimiento y la eficiencia del proceso de calentamiento. Para lograr este propósito, se aplicarán herramientas teóricas y metodológicas basadas en las leyes de la termodinámica, la física de la transferencia de calor y los principios de ingeniería térmica. Estos principios se describen a continuación:

#### A. Balance de energía

Para un sistema de calentamiento de agua con una resistencia *flow-through*, se debe realizar un balance de energía que considere todas las formas de transferencia de calor (conducción, convección y radiación), así como las pérdidas de calor al ambiente.

## B. Transferencia de calor

El calor, es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. La ciencia que trata de la determinación de las razones de esa transferencia es la transferencia de calor. La determinación de las razones de transferencia del calor hacia un sistema y desde éste y, por tanto, los tiempos de enfriamiento o de calentamiento, así como de la variación de la temperatura, son el tema de la transferencia de calor (ÇENGEL, 2007). Dicha transferencia de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{VC} = \dot{m}C_p\Delta T \quad \text{Ec. 1}$$

Donde la cantidad de calor (Q) es igual al flujo másico ( $\dot{m}$ ), multiplicado por el calor específico de la sustancia ( $C_p$ ), multiplicado por el diferencial de temperatura ( $\Delta T$ ).

## C. Ley de conservación de la energía (Primer principio de la termodinámica)

James Prescott Joule fue un físico inglés, quien, a partir de observaciones, mediciones y experimentación, formuló una ecuación que describe el fenómeno irreversible que lleva su nombre. Esta ley establece que la energía no puede crearse ni destruirse, solo puede cambiar de forma.

## D. Ley de Joule

La ley de Joule establece que la cantidad de calor (Q) que desarrolla una corriente eléctrica (I) al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia (R), al cuadrado de la intensidad de la corriente (I) y el tiempo que dura la corriente (t).

Lo anterior queda expresado de la siguiente manera:

$$Q = R * I^2 * t \quad \text{Ec. 2}$$

De igual forma, se puede expresar en términos de la potencia disipada:

$$Q = R * I^2 \quad \text{Ec. 3}$$

La Ec. 3 expresa la cantidad de calor liberada por instante de tiempo, de un elemento conductor por el cual circula una corriente eléctrica, que es transformada en su totalidad en energía térmica, produciendo como efecto resultante el incremento de la temperatura del elemento conductor y sus componentes que lo conforman. En el contexto de la transferencia de calor, implica que la cantidad total de energía en el sistema, incluida la energía térmica transferida, debe permanecer constante.

#### E. Ley de Fourier de conducción térmica

Esta ley describe cómo se transfiere el calor a través de un material. Establece que la tasa de transferencia de calor es proporcional al gradiente de temperatura y al área transversal a través del cual se transfiere el calor, e inversamente proporcional al grosor del material.

#### F. Ley de convección de Newton

Esta ley describe la transferencia de calor entre un sólido y un fluido en movimiento. Establece que la tasa de transferencia de calor es proporcional al área de transferencia de calor, al gradiente de temperatura entre el fluido y la superficie sólida, y a un coeficiente de transferencia de calor convectivo.

#### G. Ley de transferencia de calor por radiación

Esta ley describe la transferencia de calor a través de la emisión y absorción de radiación electromagnética. Implica que la tasa de transferencia de calor radiactivo depende de la diferencia de temperatura entre los cuerpos y de sus propiedades de emisividad y absorción.

#### H. Propiedades del fluido y del material de la resistencia

Se deben considerar las propiedades térmicas del agua (como la capacidad calorífica y la conductividad térmica) y del material de la resistencia (como la conductividad térmica y la resistividad eléctrica).

#### I. Distribución de temperatura y flujo de fluido

Se necesita comprender cómo varía la temperatura a lo largo de la resistencia y del fluido, así como la velocidad y el patrón de flujo del agua a través del sistema.

#### J. Eficiencia energética y diseño térmico

Se deben tener en cuenta consideraciones de eficiencia energética y diseño térmico para optimizar el rendimiento del sistema y minimizar las pérdidas de energía.

## V.ESTADO DEL ARTE

### 4.1 ANTECEDENTES

Encontramos como antecedentes de esta problemática o investigación dos rubros directos, las tecnologías que existen en el mercado para la producción y abastecimiento de agua caliente a las personas, y la tendencia de las personas a la búsqueda de practicidad para abastecerse de agua potable para consumo o preparación de alimentos, etc. ambos rubros se describen a detalle a continuación.

#### 4.1.1 Tecnologías

Actualmente encontramos en el mercado mexicano, productos que permiten al usuario la obtención de agua caliente, estos se listan en la Tabla 1.

Algunos de estos electrodomésticos permiten la obtención de agua caliente de forma instantánea, a cierta temperatura, en cierto tiempo y para usos específicos; además de que se requiere un electrodoméstico para esta función específica.

Complementando la Tabla 1, se muestra el detalle de las tecnologías previamente identificadas en un comparativo de tiempos de calentamiento, esto como función de un volumen constante de 250 mililitros y una potencia variable dependiendo de la tecnología que se usa para el calentamiento, Tabla 2.

*Tabla 2. Comparativo de tiempo requerido para calentar 250 ml de agua en las diferentes tecnologías identificadas*

No.	Electrodoméstico	Potencia	Temperatura	Tiempo
1	Jarra eléctrica	1500 watts	80 °C	1 a 2 min
2	Microondas	800 watts	80 °C	2 a 4 min
3	Estufa.	--	80 °C	3 a 6 min
4	Dispensador de agua fría y caliente	--	>80 °C	1 a 3 min
5	Filtro con dispensador de agua fría y caliente	--	>80 °C	3 a 5 min
6	Cafetera	600 a 1800 watts	>80 °C	2 a 4 min

#### 4.1.2 Tendencia del mercado a practicidad para abastecimiento de agua

Dentro de la investigación de mercado que mabe realiza con el fin de identificar necesidades actuales de los usuarios para proponer e innovar atributos que den soluciones a ellas, encontramos específicamente para el área de refrigeración 3 líneas estratégicas, (Figura 6).



#### *Líneas Estratégicas*

*Figura 6. Líneas estratégicas del área de refrigeración en la empresa mabe. Mabe*

Moviéndonos sobre la línea estratégica ‘‘Agua y hielo’’ con base en el estudio de mercado realizado por la empresa mabe, encontramos 5 áreas de oportunidad con enfoque en la obtención de agua. Este resumen se muestra en Anexo 1. Es notable la tendencia del mercado mexicano hacia la búsqueda de calidad y practicidad de hábitos y usos del agua, así como la búsqueda que hace el usuario de productos con mayor funcionalidad, innovación y competitivos en lo que el atributo de agua y hielo se refiere. Específicamente en el punto 29, podemos identificar que se busca ampliar el catálogo de opciones que se ofrece al usuario en cuanto a el agua en el refrigerador.

## 4.2 ANÁLISIS DEL MERCADO

Encontramos diversas tecnologías presentes en mercados internacionales para la producción de agua purificada caliente, siendo las más relevantes para esta investigación las siguientes:

### 4.2.1 Purificador con dispensador de agua sin tanque

El agua pasa por un sistema de filtrado, (Figura 8); se filtra a través de filtro de carbón activado. Después pasa al elemento de calentamiento y se calienta hasta alcanzar una temperatura mayor a 90°C, (con esta temperatura se puede asegurar que cualquier bacteria que haya crecido en el agua se muera).

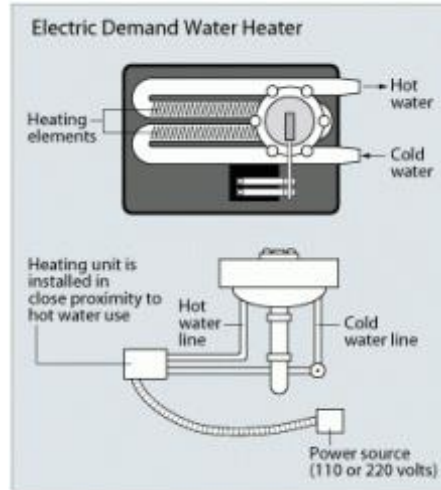


Figura 7. Partes que conforman a un sistema eléctrico de calentamiento de agua a demanda, (WaterLogic, 2024)

Logran calentar agua sin la necesidad de tener un tanque para almacenamiento de agua. El agua logra pasar por un sistema de calentamiento eléctrico, (Figura 7). De esta manera se puede tener agua caliente constantemente, sin necesidad del tanque.

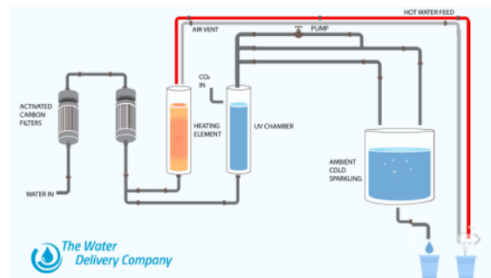


Figura 8. Diagrama dispensador de agua sin tanque, (WaterLogic, 2024)

#### 4.2.2 Xiaomi youpin dispensador de agua de calentamiento instantáneo (s2101)

Dispachador de agua caliente que cuenta con una estructura de doble calentamiento: interno y externo, (Figura 9):



Figura 9. Despachador de agua caliente Xiaomi, (Adan, 2019)

- La capa externa de calentamiento (hecha de tubo de cuarzo de grado alimenticio)
- El tubo interno eléctrico de calentamiento hecho de acero inoxidable AISI 304

Las características técnicas de este electrodoméstico de sumo interés para esta investigación se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Especificaciones técnicas despachador de agua caliente Xiaomi

Product name	S2101 minimalist instant heating water dispenser
Rated frequency	50Hz
Rated power	2200W
Water tank capacity	1800ml
Power cord length	1m
Voltage (V)	220V
Product weight	2.0000 kg
Product size (L x W x H)	32.80 x 28.00 x 13.60 cm / 12.91 x 11.02 x 5.35 inches
Package contents	1 x water dispenser, 1 x Chinese manual

#### 4.2.3 Refrigerador *General Electric* con *k-Cup keurig*.

En el artículo (GE, 2015) se explica la vivencia de la creación de un refrigerador que, conectado a un dispositivo para cápsulas de café, permite al usuario preparar su café en cuestión de minutos. Este electrodoméstico cuenta con un circuito base similar al mencionado en la figura 5, en conjunto con un sistema de tanque para almacenamiento de agua, un elemento calefactor inmerso en el tanque para el calentamiento de agua y un dispositivo para el alojamiento y sujeción de una cápsula de café que permita el flujo de agua y proceso de preparación de café. Dicho dispositivo no está integrado en el refrigerador, sino que es un aditamento que se integra en el despachador de agua, el cual cuenta con una opción para despachar agua caliente cuando este dispositivo se encuentra conectado, tal como se muestra en la Figura 10.

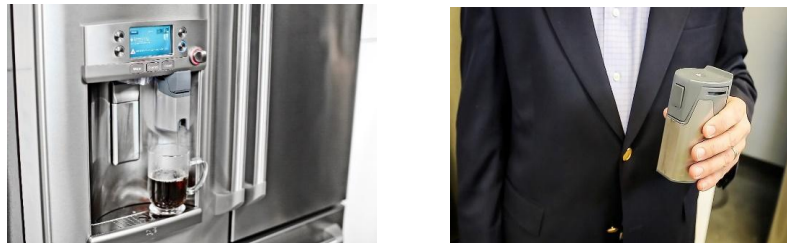


Figura 10. a) Refrigerador GE Café con sistema K-cup. b) Dispositivo K-cup, (GE, 2015)

### 4.3 BÚSQUEDA DE PATENTES

Se realizó una búsqueda de patentes alrededor de un concepto de diseño de un sistema integrado o ubicado en el refrigerador, que permite calentar agua para ser despachada o entregada al usuario mediante el despachador de agua de un refrigerador, para complementar el conocimiento de las tecnologías que actualmente se han explorado, sus características y alcance.

Sobre esta búsqueda se encontraron 249 desarrollos patentados alrededor de este concepto, la distribución de estas patentes de muestra en la Tabla 4.

*Tabla 4. Resumen de resultados de búsqueda de patentes*

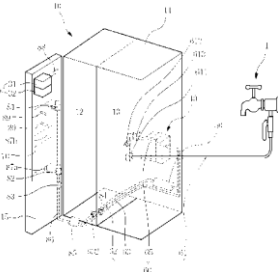
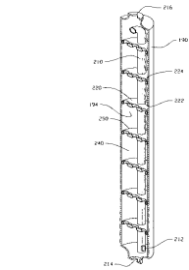
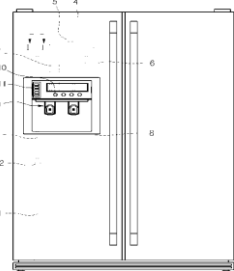
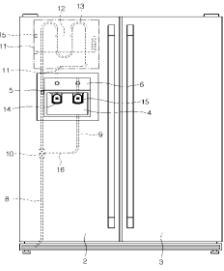

		Conceptos patentados	
Patentes no renovadas (sin efecto)		113	
Patente en proceso		36	
		Patentes de múltiples conceptos	74
Patente en vigor (conceptos protegidos)	99	Patentes de dispensado de agua	18
		Patentes de sistema de agua caliente en el refrigerador	7

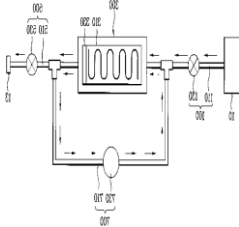
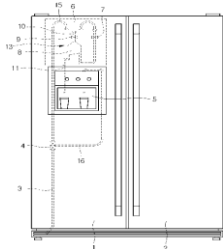
El análisis de patentes para el presente proyecto de investigación se enfocó en las 99 patentes en vigor, dentro de las cuales encontramos:

- 74 patentes que protegen múltiples conceptos de un refrigerados, tales como: la lógica de un refrigerador, los componentes de enfriamiento, circuitos hidráulicos para el dispensado de agua fría, el uso de filtros, sistemas de fabricación de hielo, cajones o compartimentos dedicados a una función específica, etc.
- 18 patentes sobre el dispensado de agua fría en un refrigerador
- Y 7 patentes sobre el dispensado de agua caliente en un refrigerador, el sistema de calentamiento de agua en un refrigerador o bien, el montaje y control de un sistema de calentamiento de agua en el refrigerador.

La Tabla 5, muestra un resumen de las 7 patentes identificadas con mayor similitud al concepto que se plantea en este proyecto de investigación:

Tabla 5. Resumen de patentes significativas obtenidas en la búsqueda de patentes

Artículo/Patente	Imagen representativa	Aportación principal al estado del arte	Uso como marco de referencia
US11255595B2		Refrigerador con despachador de agua caliente, además añade soluciones para disminuir el mantenimiento del despachador	Uso de tanque
US10214409B2		Refrigerador con despachador de agua caliente, cuenta con un módulo calefactor en la puerta y un flujómetro	Uso de calentador instantáneo
US8763422B2		Se basa en la transferencia de calor a través de una placa de aislamiento térmico soldada que divide la pared interna del tanque de agua en una cámara de agua caliente y una cámara de agua fría.	Uso de calentador instantáneo
KR100676972B1		lógica de control de elemento calefactor operado por un botón para dispensar agua caliente a través del dispensador de un refrigerador	lógica de control
KR100705089B1		Montaje de elemento calefactor (radiador de panel) en la puerta de un refrigerador	Sistema de montaje

Artículo/Patente	Imagen representativa	Aportación principal al estado del arte	Uso como marco de referencia
KR100763388B1		Control de dispositivo de agua caliente instantánea para mejorar una estructura de un material absorbente de sonido dentro de un tubo que se calienta localmente, previniendo así el fenómeno de cavitación	lógica de control
KR100676970B1		Uso de tubo de agua caliente para calentar agua, instalado fuera del tanque de agua caliente y aplicando vapor de alta presión y temperatura	Uso de calentador instantáneo

No obstante, a la presencia de tecnologías de calentamiento instantáneo en el análisis del estado del arte, se identifica que 2 de las 7 patentes encontradas están dirigidas y protegidas solo en Estados Unidos, mientras que los 5 restantes son aplicables a Corea del sur.

Se puede concluir de este análisis de patentes que, si bien existe la presencia de refrigeradores con el atributo de un dispensador de agua caliente, estos no están presentes en el mercado mexicano. Además, es notable la tendencia al uso de un calentador instantáneo para este la integración de este atributo.

## V. MEDICIÓN

### 5.1 VOZ DEL CLIENTE

Se realizaron encuestas a una población de 100 personas con nacionalidad mexicana, para conocer la voz del cliente, lo que busca el usuario de este atributo. Esta encuesta se planeó en 3 bloques de preguntas, con el objetivo de obtener la siguiente información por cada bloque:

Bloque 1: Perfil socioeconómico

Bloque 2: Usos y costumbres del agua caliente

Bloque 3: Aceptación de un refrigerador con despachador de agua caliente

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

#### 5.1.1 BLOQUE 1. PERFIL SOCIOECONÓMICO

De una muestra de 100 personas, se tiene una distribución de 53 personas del sexo femenino y 47 del sexo masculino, como se observa en la Figura 11:

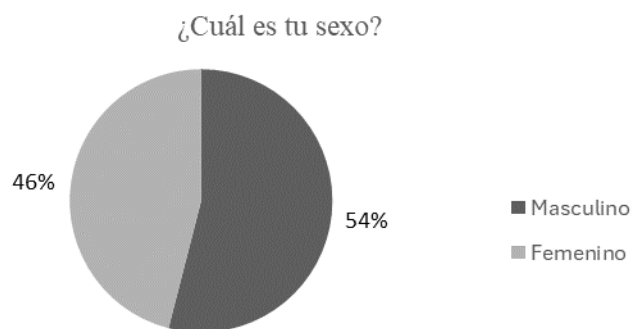


Figura 11. Distribución de género en la población. Elaboración propia

Basándonos en la Figura 12, dicha población está a su vez conformada mayormente por jóvenes de entre 21 y 29 años.

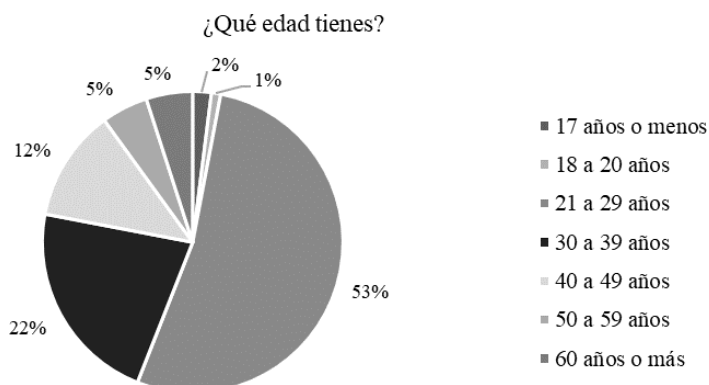


Figura 12. Distribución de edades en la población. Elaboración propia

Podemos observar en la Figura 13, la tendencia a una ocupación como trabajadores de oficina/empresa.

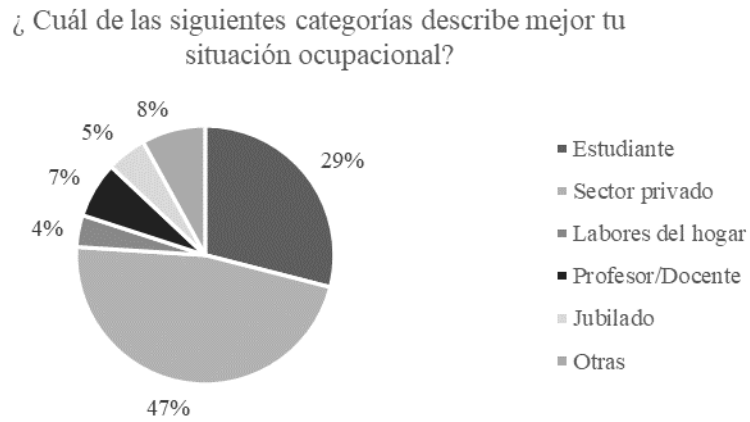


Figura 13. Distribución de la situación ocupacional de la población. Elaboración propia

### 5.1.2 BLOQUE 2. USOS Y COSTUMBRES DEL AGUA CALIENTE

Sobre la fuente de consumo de agua, tomando como referencia la Figura 14, se tiene que:

- 75% de la población compra garrafones de agua purificada.
- 8% cuenta con un purificador.
- 8% cuenta con un sistema de filtros.



Figura 14. Distribución de fuente de consumo de agua potable. Elaboración propia

De la Figura 15, concluimos que la tendencia de consumo de agua caliente al día es menor a 1 litro. Los 3 principales métodos de obtención de agua caliente que utiliza el usuario mexicano son:

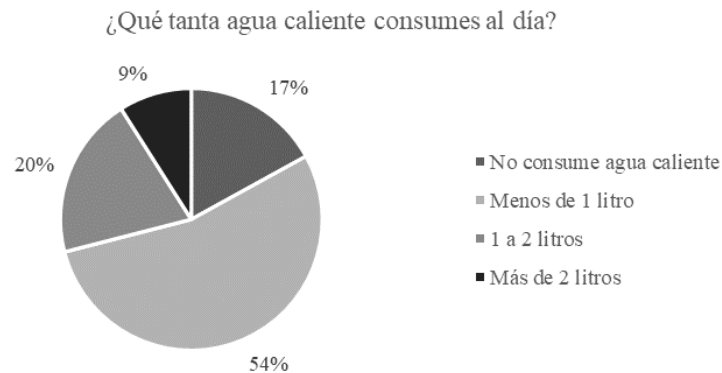


Figura 15. Distribución de consumo de agua potable al día por persona. Elaboración propia

- Calentar agua en la estufa
- Calentar agua en el microondas
- Uso de cafetera para calentar agua

El agua caliente purificada que destinan para consumo la utilizan para:

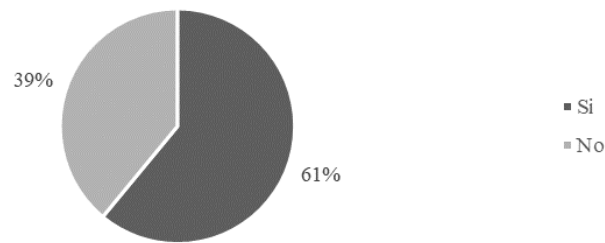
- Preparación de café o té
- Preparación de pastas y sopas instantáneas
- Preparación de mamilas

### 5.1.3 BLOQUE 3. ACEPTACIÓN DE UN REFRIGERADOR CON DESPACHADOR DE AGUA CALIENTE

El porcentaje de aceptación, como observamos en la Figura 16, es de 60%. Siendo los principales factores de interés en este atributo:

- Practicidad
- Ahorro de tiempo, rapidez
- Omitir la adquisición y uso de un electrodoméstico sólo para calentar agua, así como el espacio que este requiere en la cocina

Si contaras con un refrigerador que despache o dispense agua caliente, ¿lo utilizarías?



*Figura 16. Distribución de la población a la preferencia de uso de un refrigerador con dispensado de agua caliente. Elaboración propia*

Por otro lado, encontramos que las principales preocupaciones del 40% de la población que se muestra en la Figura 16, es decir que no aceptaría un refrigerador con este atributo son:

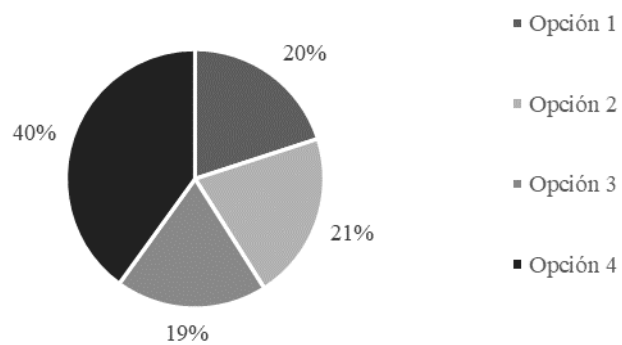
- Producción de agua caliente en un electrodoméstico que enfría
- Consumo de energía

Adicional se generó un primer acercamiento al medio de comunicación o interfaz con la que interactuará el usuario al contar con este nuevo atributo. Para ello se integró una pregunta en el bloque 3, que presenta al usuario 4 opciones de acceso al agua caliente mediante un refrigerador:

- Obtención de agua caliente a una temperatura predeterminada.
- Tener acceso a seleccionar la temperatura a la que desea obtener el agua caliente.
- Seleccionar de opciones preestablecidas (3) la temperatura a la que desea obtener el agua caliente. Ejemplo: Temperaturas disponibles: 30°C, 40°C, 50°C.
- Seleccionar de opciones preestablecidas la opción que corresponda al uso que darás al agua caliente (Ejemplo: Opciones disponibles: café o Té, Sopa instantánea, Leche, otra).

En la figura 17, podemos observar que la muestra prefiere seleccionar de opciones preestablecidas la opción que corresponda al uso que dará al agua caliente.

Si contaras con un refrigerador que dispense agua caliente,  
¿lo utilizarías?



*Figura 17. Aceptación del tipo de interfaz para acceder al atributo de agua caliente en un refrigerador.  
Elaboración propia*

## 5.2 MEDICIÓN DEL SISTEMA DE DISPENSADO DE AGUA DEL REFRIGERADOR

De acuerdo con el sistema de despacho de agua del refrigerador PFM25LSKCSS analizado en capítulos anteriores (3.2) se realiza la medición del sistema hidráulico especificado en la Figura 5. Siendo de interés el tiempo en que se dispensan 250 ml de agua y la temperatura de este volumen. Este volumen se definió con base en el análisis del usuario (5.1.2), en el cual a partir del uso que el usuario dará al agua caliente (preparación de café o te) se estima que el volumen adecuado es de 250 ml. Para conocer el tiempo que tomará a el sistema de dispensado de agua del refrigerador PFM25LSKCSS dispensar 250 ml de agua se utilizó un método interno de medición.

### 5.2.1 Método de medición

Usando como referencia el procedimiento de prueba ingenieril interno de mabe denominado “Goteo de agua” se definió el método a utilizar para las mediciones de desarrollo del proyecto de investigación.

Dicho método interno requiere de condiciones específicas de prueba para disminuir las variaciones de la medición, (Tabla 6). Estas son las condiciones del ambiente definidas para el desarrollo del sistema de calentamiento de agua.

*Tabla 6. Valores de parámetros de control*

Variable	Valor	Unidades
Presión	60	PSI
Temperatura del ambiente	32.22	°C
Humedad	30	%
Temperatura compartimento Refrigerador	2.77	°C
Temperatura compartimento Congelador	-17.77	°C

Para la evaluación del sistema actual y el sistema propuesto se requiere:

- Vaso graduado
- Termómetro digital
- Cronometro
- Unidad o banco de prueba
- Cámara térmica con lectura de temperaturas.

Como parte de la preparación para la prueba, el refrigerador a medirse debe encontrarse con temperaturas estables. Definiremos la estabilización de la unidad mediante el procedimiento de

prueba ingenieril interno de mabe sin apertura de puertas, NDO por sus siglas en inglés (*No door oppening*). Este método establece que:

- La unidad debe contener termopares en cubos de madera o frascos con anticongelante para disminuir el ruido de la medición, en cada una de las parrillas o cajones del refrigerador.
- La unidad se encuentra estable cuando al analizar las temperaturas de los termopares durante 5 ciclos compresor y se obtiene en promedio  $2.77 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en el refrigerador y  $-17.77 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en el congelador.

Una vez la cámara térmica y la unidad hayan alcanzado las temperaturas establecidas en la Tabla 6 y mantengan esta temperatura en promedio durante 12 horas, se debe realizar el siguiente método:

1. Registrar el promedio de temperaturas obtenidas en la unidad en las 2 últimas horas.
2. Colocar el termopar del termómetro digital en vaso graduado. Es importante validar que el termopar se encuentre en una zona del vaso en la que siempre este en contacto con el agua sin tocar las paredes del vaso.
3. Dispensar 250 mililitros de agua en un vaso graduado mediante el dispensador de la unidad.
4. Registrar la temperatura del agua en el vaso cada segundo.
5. Registrar el tiempo que tomó dispensar 250 ml de agua.

### 5.2.2 Resultados de la medición de línea base

Con el objetivo de caracterizar el sistema de dispensado de agua del refrigerador PFM25LSKCSS, al cual de ahora en adelante denominaremos ‘línea base’ se realizó el método de medición descrito en el apartado anterior (5.2.1). Iniciando con la validación de la estabilidad de la unidad.

Tabla 7 muestra las temperaturas promedio, mínimas y máximas, en °C, registradas en el análisis de 5 ciclos compresor en el refrigerador de interés. Además, muestra los promedios del compartimento refrigerador y congelador durante estos mismos ciclos

*Tabla 7. Distribución de temperaturas en el refrigerador PFM25LSKCSS con base en el procedimiento interno NDO*

<b>Cámara</b>	20		
<b>Estación</b>	8		
<b>Fecha</b>	28 de abril de 2022		
<b>Prueba No.</b>	1		
<b>Temperatura seleccionada en Refrigerador</b>	2.8		
<b>Temperatura seleccionada en congelador</b>	-17.8		
<b>Etiqueta de prueba</b>	2022-126-1		
<b>Posición de termopares</b>	<b>Temperatura Promedio</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Temperatura máxima</b>
Parrilla congelador arriba	-18.02	-19.65	-16.76
Parrilla congelador media	-17.29	-17.70	-16.87
Parrilla congelador baja	-17.31	-17.82	-16.77
Parrilla refrigerador arriba	3.66	3.37	3.98
Parrilla refrigerador media	3.02	2.86	3.19
Parrilla refrigerador baja	2.78	2.63	2.91
Cajon de vegetales izquierdo	2.08	2.02	2.19
Cajon de vegetales derecho	3.06	2.96	3.17
Anaqueles puerta derecha arriba	4.27	4.08	4.49
Anaqueles puerta derecha medio	4.48	4.36	4.63
Anaqueles puerta derecha bajo	4.03	3.94	4.16
Anaqueles puerta izquierda arriba	2.08	1.86	2.34
Anaqueles puerta derecha medio	1.89	1.73	2.07
Anaqueles puerta derecha bajo	3.79	3.67	3.93
<b>Temperatura promedio refrigerador</b>	<b>3.17</b>		
<b>Temperatura promedio congelador</b>	<b>-17.56</b>		

Como conclusión de esta evaluación encontramos que la unidad tiene una temperatura promedio de 3.16 °C en el refrigerador y -17.55 °C en el congelador, lo que se conoce como una unidad estable. Posterior a la validación de la estabilidad en la unidad se realizaron múltiples dispensados de 250 mililitros de agua mediciones para caracterizar el comportamiento del sistema de despachado, alimentando el sistema como se muestra en la Figura 18.

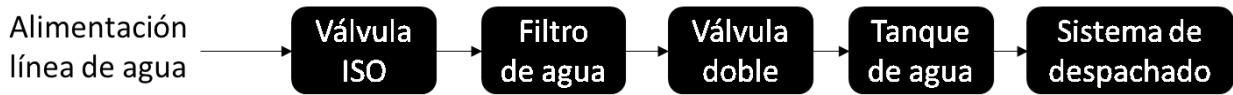


Figura 18. Diagrama de circuito hidráulico para despacho de agua. Elaboración propia

Con esto es posible generar la curva Volumen-tiempo del sistema hidráulico de despacho de agua del refrigerador, Figura 19.

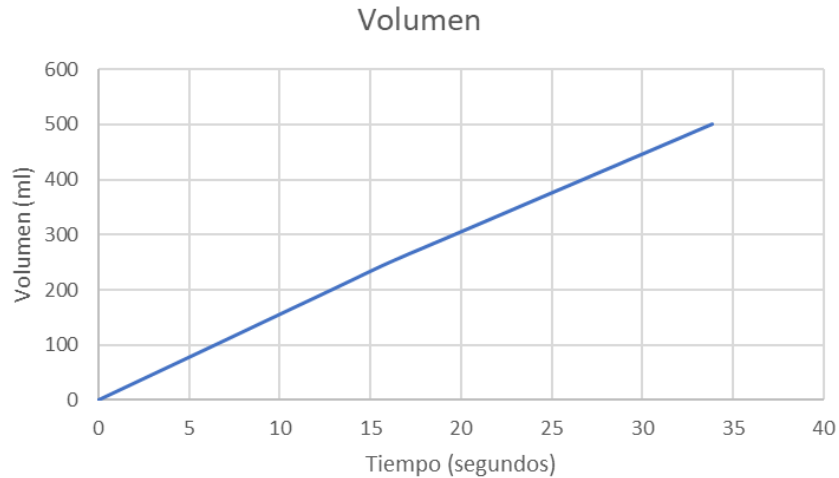


Figura 19. Curva Volumen-Tiempo Despachador actual de un refrigerador Bottom Freezer mabe. Elaboración propia

El sistema de despacho actual permite obtener 250 ml de agua a una temperatura de 20°C en un periodo de 16 segundos.

Esta medición también nos permitió conocer la temperatura de entrada del agua para nuestro análisis mediante el uso de termopares a la entrada y salida del circuito hidráulico mostrado en la Figura 18. En esta medición se descartó la temperatura de salida ya que esta depende del estado del tanque de agua.

## VI. ANÁLISIS

### 6.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De la medición y caracterización del sistema de despacho de agua del refrigerador definido para este proyecto se obtienen los parámetros de diseño del sistema de calentamiento de agua, los cuales se muestran en la Tabla 8:

*Tabla 8. Parámetros de diseño del sistema de agua caliente en un refrigerador*

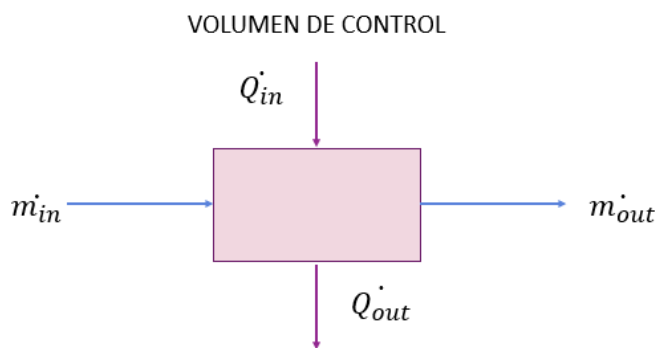
Variable		Unidad		Unidad
Volumen	0.25	L	0.25	Kg
Tiempo	16	Seg.		
T inicial del agua	20	°C	293.15	K
T final del agua	80	°C	353.15	K
T promedio del agua	50	°C	323.15	K

Con base en esto se requiere un sistema tal que permita elevar la temperatura de 250 ml de agua de 20°C a 80°C en 16 segundos.

### 6.2 SOLUCIÓN TEÓRICA AL PROBLEMA

#### 6.2.1 Volumen de control

Se genera el volumen de control del sistema para definir la ecuación que se usará para analizar el sistema, Figura 20.



*Figura 20. Volumen de control del sistema. Elaboración propia*

Este sistema tiene una entrada, una salida y se asume un área de flujo constante para el elemento de calentamiento instantáneo, por lo cual, del balance de masa se tiene:

$$m_{in} \dot{=} m_{out} \quad \text{Ec. 4}$$

Mientras que del balance de energía se tiene:

$$Q_{Vc} \dot{=} Q_{in} \dot{=} - Q_{out} \dot{=} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

$Q_{Vc} \dot{=}$  Flujo de calor total en el volumen de control

$Q_{in} \dot{=}$  Flujo de calor de entrada al volumen de control

$Q_{out} \dot{=}$  Flujo de calor de salida al volumen de control

Ajustando la Ec. 5 a nuestro sistema se obtiene:

$$Q_{Vc} \dot{=} Q_{Resistencia} \dot{=} - Q_{Perdidas} \dot{=} \quad \text{Ec. 6}$$

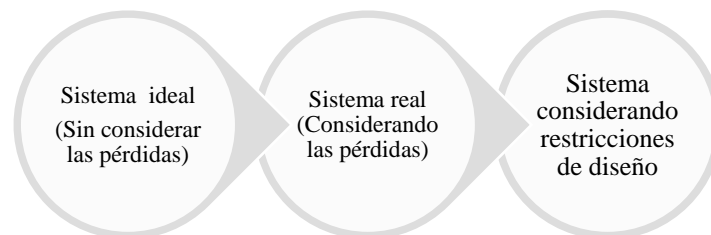
Esta ecuación dictará el sistema representado en la Figura 20, donde:

$Q_{Resistencia} \dot{=}$  Flujo de calor de la resistencia al agua.

$Q_{Perdidas} \dot{=}$  Flujo de calor de la resistencia al sistema aislante, ambiente.

El flujo de calor de la resistencia representa en su totalidad la transferencia de calor entre resistencia y agua, debido al fenómeno de convección, mientras que el flujo de calor de las pérdidas representará todo aquel flujo de calor que no aporta al objetivo de este proyecto, calentamiento de agua, es decir, el flujo de calor de la resistencia al aislante, ambiente, etc., debido al fenómeno de conducción.

Se identifican 3 etapas para el análisis de este sistema, (Figura 21).



*Figura 21. Etapas para el análisis del sistema de calentamiento de agua en un refrigerador. Elaboración propia*

### 6.2.2 Análisis de transferencia de calor

Considerando el sistema ideal, se considera que no tenemos pérdidas, obteniendo de la Ec. 5:

$$Q_{VC} = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_{VC} = Q_{in}$$

$$Q_{VC} = Q_{Resistencia} \quad Ec. 7$$

Encontramos que la cantidad de calor (Q) requerida para elevar la temperatura de una sustancia sin considerar las pérdidas se puede determinar a partir de la Ec. 7. Esta ecuación también puede ser expresada, en términos conocidos de nuestro sistema, tomando como referencia la Ec. 1, ecuación de transferencia de calor [22]:

$$Q_{VC} = \dot{m}Cp\Delta T \quad Ec. 1$$

Donde:

$Q_{VC}$  = Flujo de calor total en el volumen de control

$\dot{m}$  = Flujo másico

$Cp$  = Calor específico

$\Delta T$  = Delta de temperatura, diferencia de temperatura

Sustituyendo los parámetros de diseño en la Ec. 1,

$$Q_{VC} = \dot{m}Cp\Delta T$$

$$Q = \frac{0.250 \text{ Kg}}{0.0044 \text{ hr}} * 4.181 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}} * (353.15 \text{ K} - 293.15 \text{ K})$$

$$Q = 3919.6875 \frac{\text{J}}{\text{seg}} = 3919.68 \text{ Watts}$$

El calor específico del agua se obtuvo a partir de la temperatura promedio del diferencial de temperatura, es decir 50°C, y se utilizó la tabla del Anexo 2. Propiedades del agua saturada. (ÇENGEL, 2007).

El análisis teórico muestra que aun sin considerar las pérdidas se requiere una gran cantidad de potencia para cumplir el objetivo de este proyecto de investigación, 3917.68 Watts.

Si comparamos la cantidad de potencia que consume un refrigerador modelo PFM25LSKCSS, 39.77 KW/mes (Serviplus., s.f.), es decir 55 Watts, contra la potencia que requeriría nuestro sistema encontramos que el sistema consumiría más del 7000% del consumo de un refrigerador.

Este análisis confirma que no existe factibilidad técnica de cumplir la hipótesis planteada.

## VII. DISEÑO

Con base en el análisis realizado en el presente proyecto de investigación, se conoce que:

1. No existe en el mercado mexicano un refrigerador con dispensador de agua fría y caliente. [4.2]
2. Actualmente se han explorado diversas tecnologías de calentamiento de agua para un sistema integrado en múltiples electrodomésticos, incluyendo el refrigerador. [4.2]
3. Dichas tecnologías hacen uso principalmente de un contenedor y un elemento calefactor o el calor de diversos componentes electromecánicos. [4.3]
4. En el análisis del estado del arte no se encuentra la validación de un elemento de calentamiento instantáneo *Flow through* enfocado en el mercado mexicano. [4.3]
5. Se requiere un sistema tal que permita elevar la temperatura de 250 ml de agua de 20°C a 80°C en 16 segundos. [6.2.2]
6. El análisis teórico muestra que aun sin considerar las pérdidas se requiere una gran cantidad de potencia (3919.68 Watts) para cumplir el objetivo de este proyecto de investigación. Por lo que el objetivo no es alcanzable [6.2.2]

No obstante, a la demostración de la no factibilidad técnica de este proyecto, se plantea evaluar las tecnologías de calentamiento instantáneo para la validación de la hipótesis y aportación al estado del arte.

El mayor reto de este desarrollo es la potencia máxima del sistema. El presente proyecto no busca diseñar una resistencia para dicha función, si no, hacer uso de las tecnologías actuales de calentamiento de agua instantáneo para su uso óptimo en un refrigerador, por lo cual la potencia máxima del sistema está restringida a diseños del proveedor, así como a las normativas de seguridad para el electrodoméstico.

### 7.1 TECNOLOGÍA POR UTILIZAR

Los calentadores de flujo pasante (Figura 22), consisten en un canal soldado a la superficie de un calentador de película gruesa de alta potencia. El líquido se bombea a través del canal, llevándolo rápidamente por toda la superficie del elemento, optimizando la transferencia de energía. Esto proporciona un calentamiento de líquido instantáneo, preciso y eficiente.

Estos calentadores de flujo continuo pueden suministrar agua hirviendo, vapor o vapor sobrecalentado; Al ser tan rápidos, no hay necesidad de tiempo de espera o tiempo de calentamiento, como con un bloque térmico, lo que mejora la eficiencia energética de su aplicación.



Figura 22. Resistencia Flow through heater II. Ferrotechnik

#### 7.1.1 Alcance de la tecnología

Con base en los requerimientos técnicos de este desarrollo se seleccionó al proveedor Ferrotechnik, quien cuenta con resistencias de flujo pasante. Con base en su catálogo ofrece resistencias de diversas potencias. La Tabla 9 y

Tabla 9. Potencia y voltaje, resistencia de relación de diámetros 1:2

Element rating	Art. No.	P low	Rc low	P high	Rc high	Rc total	ntc	
1650W / 230V	122.071.39	550W	74,1..87,7 Ω	1100W	37,2..44,1 Ω	24,8..29,3 Ω	SS	*)
1500W / 120V	122.071.40	500W	21,2..25,1 Ω	1000W	10,7..12,6 Ω	7,1..8,39 Ω	SS	*)

\*) Values to be validated

Tabla 10 muestran la potencia y valor resistivo de los elementos calefactores disponibles, la potencia del elemento se midió en "condiciones de funcionamiento normal" por el proveedor. El proveedor define el funcionamiento normal de este producto calentando agua a voltaje nominal a un caudal de agua constante, con una temperatura de entrada de agua de  $20 \pm 5$  °C y una temperatura de salida de agua de  $80 \pm 10$  °C, siendo la potencia total la suma de  $P_{low}$  y  $P_{high}$ , ya que estas resistencias cuentan con un arreglo de dos elementos resistivos en serie.

Tabla 9. Potencia y voltaje, resistencia de relación de diámetros 1:2

Element rating	Art. No.	P low	Rc low	P high	Rc high	Rc total	ntc	
1650W / 230V	122.071.39	550W	74,1..87,7 Ω	1100W	37,2..44,1 Ω	24,8..29,3 Ω	SS	*)
1500W / 120V	122.071.40	500W	21,2..25,1 Ω	1000W	10,7..12,6 Ω	7,1..8,39 Ω	SS	*)

\*) Values to be validated

Tabla 10. Potencia y voltaje, resistencia de relación de diámetros estándar

Element rating	Art. No.	P low	Rc low	P high	Rc high	Rc total	ntc	
3400W / 230V	122.071.35	1010W	38,6..49,9 Ω	2415W	16,2..21,3 Ω	12,1..14,3 Ω	Cu	
2500W / 230V	122.071.34	730W	54,0..67,0 Ω	1770W	22,2..27,6 Ω	16,4..18,9 Ω	Cu	*)
1800W / 120V	122.071.33	525W	21,0..26,0 Ω	1275W	8,5..10,8 Ω	6,4..7,3 Ω	Cu	*)
2800W / 230V	122.071.44	1167W	49,6..58,8 Ω	1633W	20,4..24,2 Ω	14,5..17,1 Ω	SS	*)

Estas resistencias en operación normal (voltaje controlado, y flujo de agua constante) tienen la capacidad de elevar la temperatura desde  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta  $80 \pm 10^\circ\text{C}$ .

La potencia requerida para el presente proyecto sin considerar las pérdidas es de 3919.68 Watts, y encontramos en las resistencias de *Ferrotechnik* una resistencia con 3400W/230V. Es relevante que este proyecto está dedicado al usuario mexicano, por lo cual, con base en la NOM-001-SEDE-2012, que establece que el voltaje nominal para la corriente alterna en México es de 120 voltios (V) en sistemas monofásicos y 220 voltios (V) en sistemas trifásicos para corriente alterna. (NOM-001-SEDE-2012, 2019), sabemos que los electrodomésticos, tales como el refrigerador PFM25LSKCSS (Serviplus., s.f.), operan a 120 Volts.

A partir de esta información contamos con dos potencias disponibles por parte del proveedor,  
1800W/120V

Tabla 9. Potencia y voltaje, resistencia de relación de diámetros 1:2

Element rating	Art. No.	P low	Rc low	P high	Rc high	Rc total	ntc	
1650W / 230V	122.071.39	550W	74,1..87,7 Ω	1100W	37,2..44,1 Ω	24,8..29,3 Ω	SS	*)
1500W / 120V	122.071.40	500W	21,2..25,1 Ω	1000W	10,7..12,6 Ω	7,1..8,39 Ω	SS	*)

(\*) Values to be validated

Tabla 10) y 1500W/120V (Tabla 9).

Para este análisis se selecciona la resistencia de 1800W/120V.

### 7.1.2 Análisis de transferencia de calor

A diferencia del análisis realizado en [6.2.2], ahora conocemos el valor de la potencia ( $Q = 1800W$ ) ya que este se encuentra limitado por la capacidad de la resistencia. Se mantienen los parámetros de diseño a excepción de la temperatura de salida.

El objetivo de este análisis es determinar la temperatura alcanzable con la tecnología propuesta. Este análisis se realiza sin considerar pérdidas. Despejando la temperatura de salida en la Ec. 1, obtenemos la Ec. 8:

$$\dot{Q}_{VC} = \dot{m}Cp\Delta T$$

$$T_{out} = \frac{\dot{Q}_{VC}}{\dot{m}Cp} + T_{in} \quad Ec. 8$$

$$T_{out} = \frac{1800W}{\frac{0.250 Kg}{0.0044 hr} * 4.181 \frac{J}{Kg * K}} + 293.15 K$$

$$T_{out} = 320.70 K = 47.55^{\circ}C$$

El análisis de transferencia de calor de este sistema sin considerar las pérdidas muestra que alcanzaremos un diferencial de temperatura de  $27.5^{\circ}C$  con una resistencia de 1800W/120V y un flujo constante de 15.6 ml/s

## 7.2 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN ANSYS

Se soporta el análisis teórico en conjunto con un análisis Computacional de Dinámica de Fluidos, CFD por sus siglas en inglés (*Computational fluid análisis*), para el cual hacemos uso de ANSYS fluid y un proceso iterativo, mostrado en la Figura 23, que nos permitirá optimizar el desarrollo del proyecto



Figura 23. Proceso iterativo para el análisis del sistema mediante ANSYS fluent. Elaboración propia

En el desarrollo de este reporte se mostrarán los resultados de la iteración final que arrojó resultados que nos permiten utilizar *ANSYS Fluent* como herramienta de retroalimentación para el diseño. Estas etapas se detallan a continuación:

### 7.2.1 Generación de geometría

En la Figura 22, se observa la trayectoria que tiene esta resistencia para el flujo de agua dentro del sistema. En esta etapa se busca representar de forma simplificada la geometría de transferencia de calor a estudiar, por lo cual para efectos de este análisis se utiliza una geometría simplificada equivalente a la geometría del ducto para el agua que tiene la resistencia, esta geometría se muestra en la Figura 24.

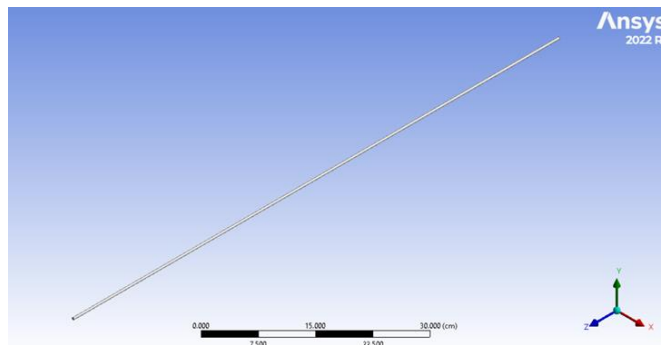


Figura 24. Geometría simplificada de la resistencia Flow Through II. Elaboración propia

Las especificaciones de esta geometría se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Especificaciones de geometría simplificada

Diámetro (m)	Longitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )
6.35E-03	9.00E-01	1.30E-05

### 7.2.2 Mallado

Posterior a la definición de la geometría simplificada, como definición del mallado se evaluó el mallado propuesto por el software, (Figura 25).

Después de una serie de iteraciones se optó por un mallado con tamaño de elemento de 0.0005 m.

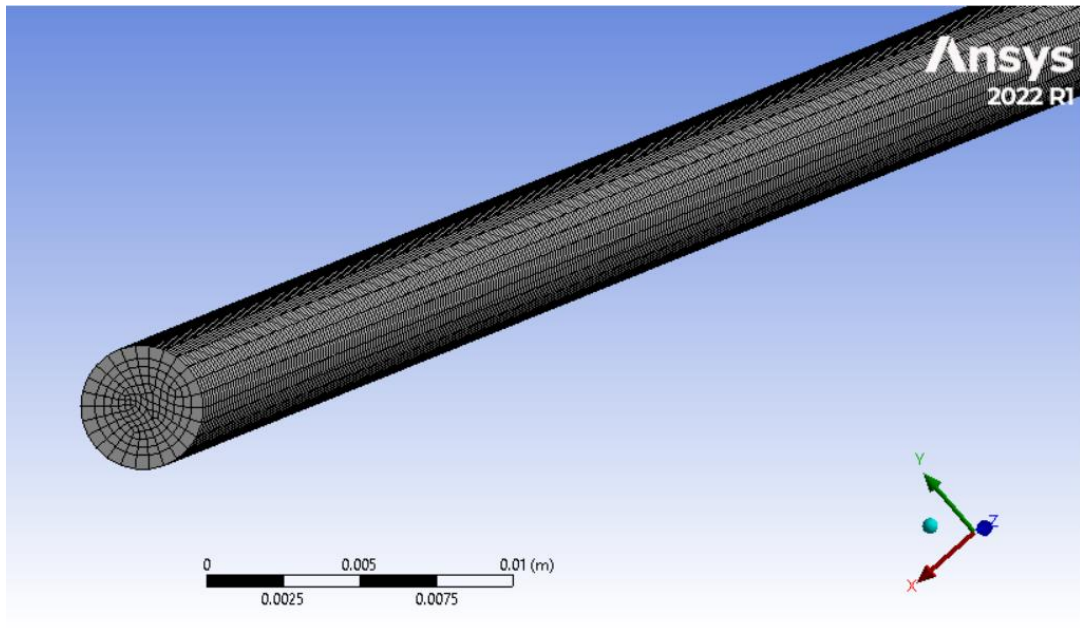


Figura 25. Mallado de la geometría simplificada con elementos de .0005 m. Elaboración propia

### 7.2.3 Definición del modelo (elemento calefactor)

Para efectos de este análisis se validaron y asignaron los valores predeterminados del fluido a calentar (agua líquida) y el metal (Cavidad a través de la que fluye el agua).

Se asignó agua líquida a las superficies de entrada y salida del ducto y se asignó metal a el ducto. Se valida la asignación de las superficies de entrada y salida del fluido, la superficie del elemento calefactor, y el cuerpo a través del cual viaja el fluido

Además, deben configurarse los valores del sistema en esta etapa; Se le dan entradas al software como la velocidad del fluido y la temperatura inicial de este, figura 11.

Es importante confirmar que la superficie de nuestro interés, en este caso la salida, este designada como una salida que nos permita obtener las temperaturas de salida del fluido, y un factor importante es establecer en esta salida la temperatura inicial del fluido, que, aunque cambiará dada la energía en nuestro sistema, debe indicársele al software la configuración de esta, (Figura 26).

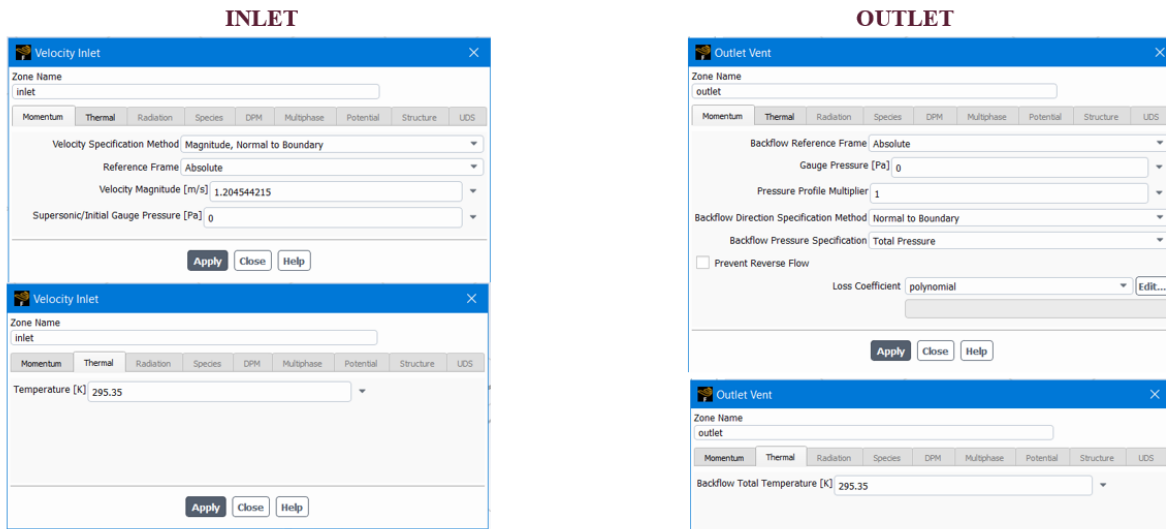


Figura 26. Configuración de valores de entrada y salida al sistema. Elaboración propia

El elemento calefactor de nuestro análisis se encuentra representado por un ducto el cual anteriormente designamos, (Figura 24). Sin embargo, es necesario indicarle al software el flujo de calor por metro cuadrado que esta superficie tendrá.

Para ello se obtuvo el valor de la densidad de potencia, con los datos conocidos de nuestro sistema. Obteniendo los valores de la Tabla 12.

Tabla 12. Densidad de potencia del sistema

Superficie de la resistencia (m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
0.1149	1800	156644

### 7.2.4 Análisis de resultados

Una vez realizado el análisis del modelo en ANSYS fluid, encontramos que nuestro modelo converge en la iteración 467 con una temperatura total promedio de 346 K, como se muestra en la Figura 27.

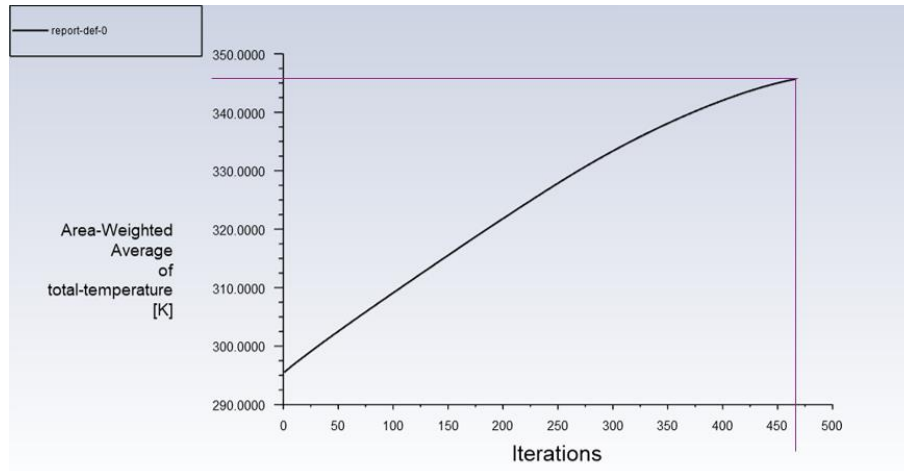


Figura 27. Grafica de convergencia del análisis. Elaboración propia

Mientras que el análisis de las temperaturas a la entrada y salida del ducto muestra que las temperaturas a la salida se incrementan, si analizamos el promedio ponderado de la salida tenemos un delta de 20 K con respecto al cálculo teórico, (Figura 28),

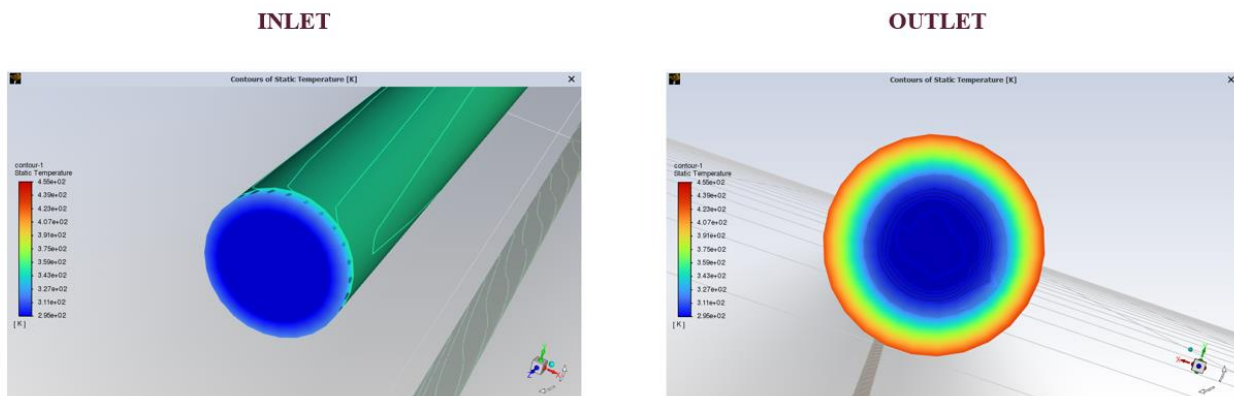


Figura 28. Análisis de temperaturas a la entrada y a la salida del ducto. Elaboración propia

Se concluye que la temperatura promedio en la superficie de control es de 324.7 K., como se muestra en la Figura 29.

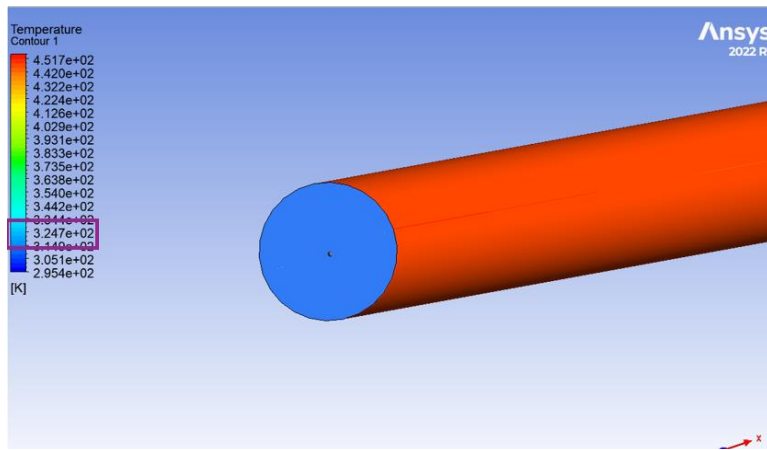


Figura 29. Temperatura promedio a la salida Elaboración propia

El delta de temperatura presentado se considera aceptable ya que se simuló un fluido laminar y el porcentaje ponderado de temperaturas arroja una temperatura a la salida con un porcentaje de error de 1.25

### 7.3 DISEÑO DEL SISTEMA

Para llevar a cabo la validación física y la correlación del sistema, se procedió a la construcción de un banco de pruebas. Este banco se diseñó con el propósito de ser integrado en el refrigerador y tener control independiente sobre la activación de una válvula para regular el flujo de agua, así como sobre el elemento calefactor (resistencia *flow-through*) para caracterizar dicho sistema. Para lograr esto, se implementaron tres sistemas colaborativos, los cuales se detallan a continuación:

#### 7.3.1 DEFINICIÓN DEL BANCO DE PRUEBA

El banco de pruebas ha sido diseñado con los elementos electromecánicos requeridos para hacer pasar el flujo de agua a través del elemento calefactor. No obstante, para poner en funcionamiento estos componentes, se ha hecho uso de dispositivos electrónicos adicionales, la Figura 31 muestra el diagrama de bloques desarrollado para el diseño del banco de pruebas:

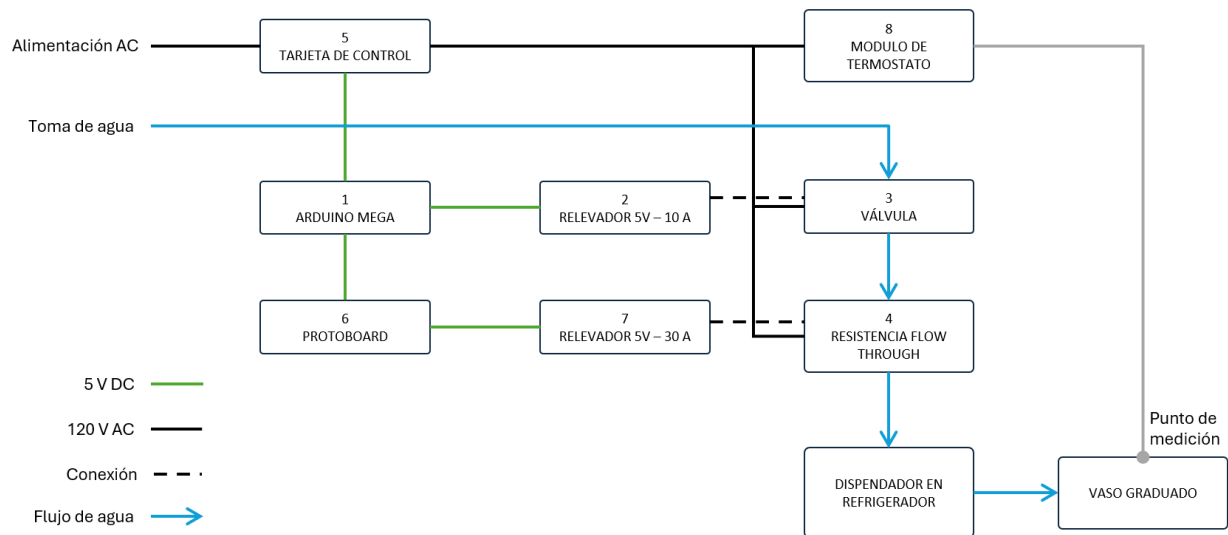


Figura 30. Diagrama de bloques de banco de pruebas. Elaboración propia

A partir de esto se construye el banco de pruebas para el desarrollo del proyecto de investigación,

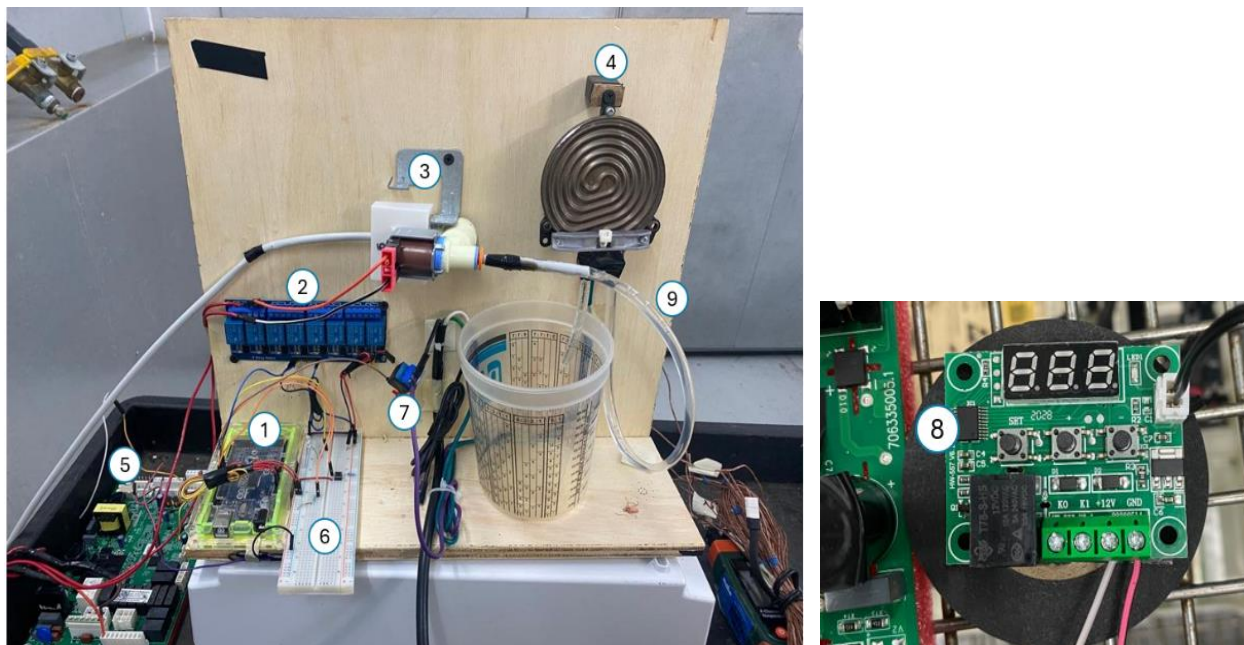


Figura 31. Banco de pruebas. Elaboración propia

En la Tabla 13, se presenta un desglose detallado de los componentes necesarios para la creación y montaje de este banco de pruebas.

Tabla 13. Componentes del banco de pruebas

No.	Componente	Propósito	Referencia
1	Arduino Mega	Se usa como tarjeta de control para el sistema	(Arduino® MEGA 2560 Rev3, 2024)
2	Relevador 5V - 10A	Es usado para la activación de la válvula	(Components 101, 2020)
3	Válvula	Mediante este componente se controla de flujo de agua	--
4	Resistencia Flow through 122.071.33	Es usado como elemento calefactor	Anexo 3
5	Tarjeta de control 200d4855g027	Nos permite contar con una fuente de alimentación proveniente del propio refrigerador.	--
6	Protoboard	Permite realizar conexiones eléctricas de los componentes y/o señales	--
7	Relevador 5V – 30A	Es usado para la activación de la resistencia	(UElectronics, 2021)
8	Módulo de termostato con pantalla TER-010	A través de este componente se realiza la medición de temperatura para caracterización del sistema	(Steren)
9	Manguera	Es usada para las siguientes conexiones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión toma de agua a entrada de válvula (diámetro 0.200 pulgadas)</li> <li>• Conexión salida de válvula a entrada de resistencia (diámetro 0.201 pulgadas)</li> <li>• Conexión salida de resistencia a dispensador de refrigerador (diámetro 0.201 pulgadas)</li> </ul>	--

### 7.3.2 DESARROLLO DE CÓDIGO DE PRUEBA

Se desarrolló un código de prueba que permitiera la activación de los elementos electromecánicos, para ello se utilizó una tarjeta Arduino Mega. El lenguaje de programación principal utilizado en Arduino se basa en C/C++. Se llama "*Arduino Language*" o "*Wiring Language*". Es una versión simplificada y adaptada de C/C++ con algunas funciones y bibliotecas adicionales específicamente diseñadas para trabajar con los microcontroladores AVR de Arduino.

Este código, Anexo 4, detecta cuando se presiona el botón conectado al pin 2. Cuando se detecta la pulsación del botón, se activa un relevador para energizar la válvula y un LED indicador. Después de 2 segundos, se activa el relevador y el LED indicador de la resistencia. Si se vuelve a presionar el botón mientras ambos dispositivos están encendidos, se apagan ambos relevadores y LEDs.

### 7.3.3 DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

Otro elemento importante para la implementación física y funcionalidad del proyecto es el circuito eléctrico. El desarrollo de este permite establecer una conexión entre los componentes electrónicos y el microcontrolador Arduino, permitiendo que las instrucciones del código se traduzcan en acciones físicas. En este caso, el circuito permite controlar relés para el acoplamiento de diferentes voltajes y corrientes, es decir, permite activar o desactivar una válvula y una resistencia, así como LEDs indicadores que muestran el estado de estos dispositivos. El esquemático del circuito desarrollado para el banco de pruebas puede consultarse en el Anexo 5.

## 7.4 MEDICIÓN FÍSICA DE TEMPERATURAS

Haciendo uso del banco de pruebas construido se caracteriza la temperatura que alcanza el agua siguiendo el método de prueba descrito en el capítulo 5.2.1. y los puntos de medición a la entrada y salida del sistema como se especifica en Figura 30.

Se realizaron 30 mediciones físicas con el banco de pruebas, utilizando el método definido, a partir de esto se pudo identificar un patrón en el comportamiento del agua con el uso del sistema propuesto. En la Figura 32, podemos observar las temperaturas registradas en los puntos de medición a la entrada y salida del sistema de 5 de las 30 mediciones realizadas.

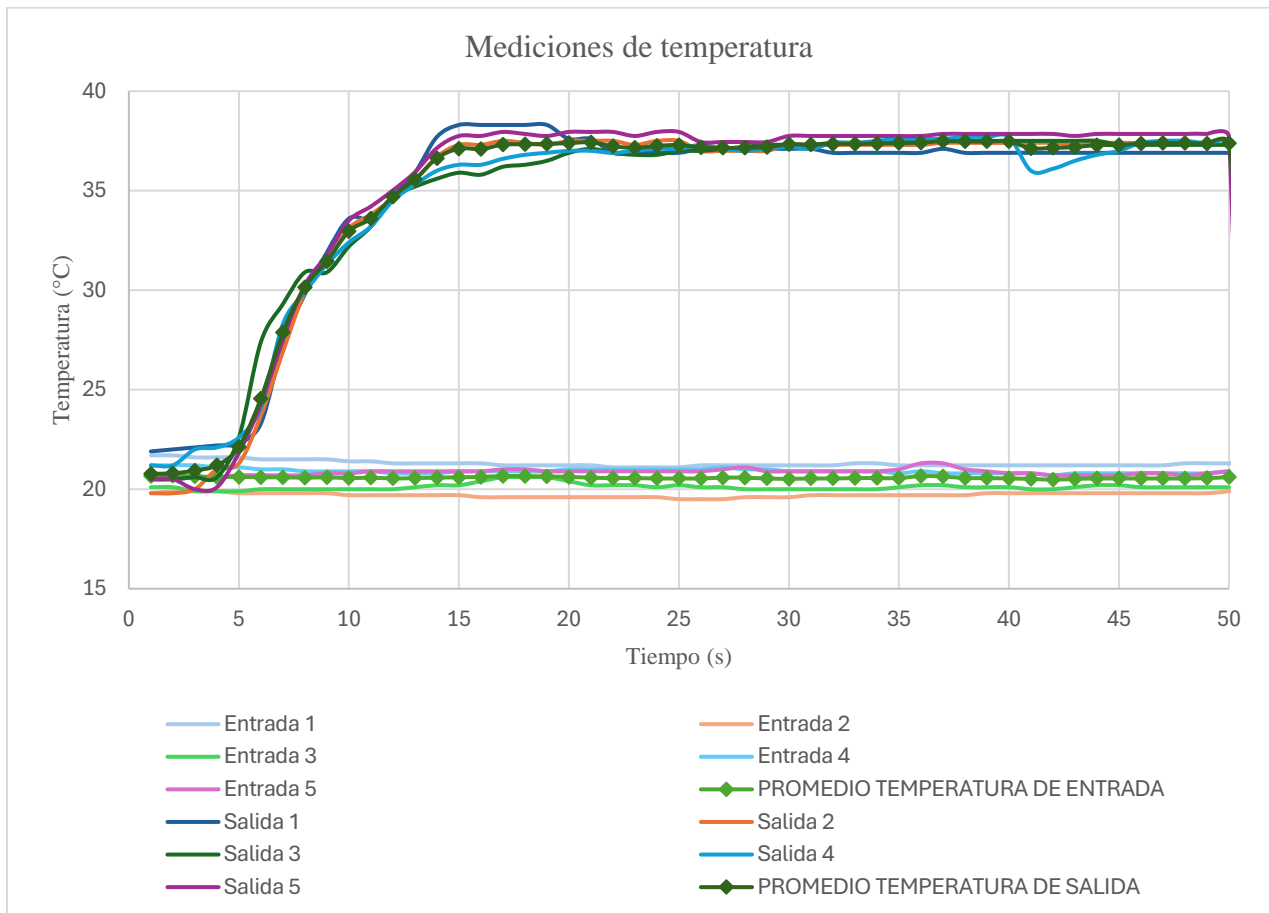


Figura 32. Gráfica temperatura-tiempo del agua a la salida del banco de pruebas. Elaboración propia.

En esta gráfica, se incluyen:

límite superior de temperatura medida a los 16 segundos. Salida 1:

límite inferior de temperatura medida a los 16 segundos. Salida 3:

Promedio de temperatura de entrada y salida de las 30 mediciones realizadas.

## VIII. VALIDACIÓN

### 8.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las mediciones realizadas con el banco de prueba permitieron caracterizar el cambio de temperatura del agua en un tiempo dado al hacerla pasar por el sistema de calentamiento de flujo pasante.

El análisis estadístico de los datos nos permitió confirmar que los datos son simétricos están distribuidos de forma bastante homogénea.

Analizando los datos en el tiempo de 16 segundos, que es el tiempo objetivo de esta investigación, los datos se encuentran alrededor de un valor central de  $37.08^{\circ}\text{C}$ ,

El análisis térmico de los promedios de las temperaturas (Figura 33), nos permite concluir que los datos se muestran consistentes y se observa un comportamiento asintótico.

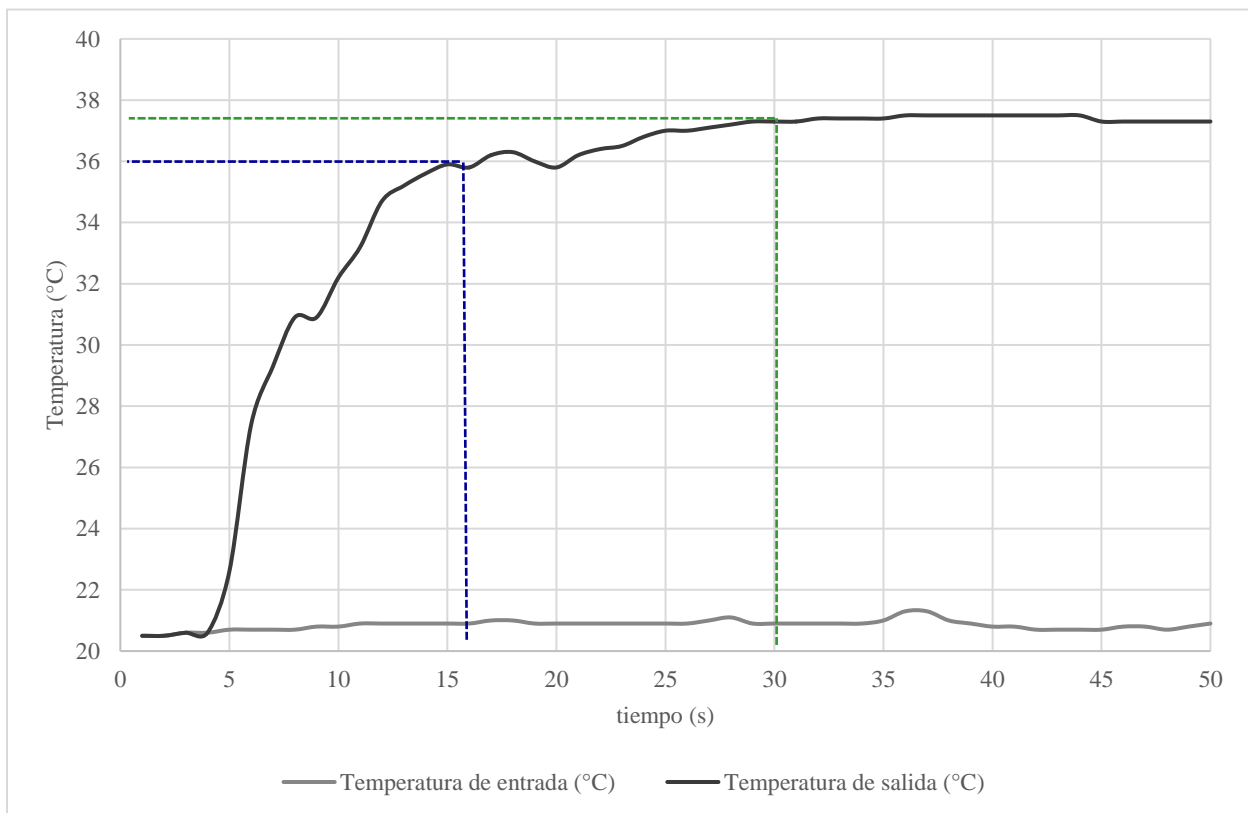


Figura 33. Grafica temperatura-tiempo del promedio de temperaturas del agua registradas a la salida del banco de pruebas. Elaboración propia.

Principalmente podemos identificar que la temperatura de entrada se mantuvo constante alrededor de  $20^{\circ}\text{C}$ .

Por parte de las temperaturas de salida, podemos identificar el punto de inflexión en el tiempo comprendido de 3 a 8 segundos, el cual nos muestra el primer cambio de temperatura de 20°C a 30°C como un efecto del elemento térmico integrado en el sistema.

En el tiempo objetivo (16 segundos) se alcanza una temperatura de 36°C, la desviación estándar es de 1.02, lo que indica que la mayoría de los valores se encuentran a  $\pm 1^\circ\text{C}$  alrededor de la media. Esta desviación estándar se considera aceptable ya que el procedimiento de prueba ingenieril interno de mabe denominado “Goteo de agua” usado como referencia para este proyecto establece un criterio de aceptación en las temperaturas de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Este análisis nos permite concluir:

- La temperatura de entrada se mantiene constante alrededor de 20°C.
- La temperatura de salida alcanza un delta de 15°C en 16 segundos
- La temperatura de salida se estabiliza a partir de los 30 segundos
- El delta de temperatura máximo alcanzado con este sistema es de 17°C

Este desempeño no cumple con el objetivo, pero nos muestra el comportamiento del sistema en un ambiente de 21° C.

Este sistema no puede considerarse referencia de un sistema ideal, ya que no se encuentra aislado. Puede ser comparado con el resultado obtenido del análisis en ANSYS (7.2.4), en el cual se consideró un ambiente a 21°C para la simulación mismo en el que se realizó esta medición.

Comparando los resultados del modelo en ANSYS con los resultados del banco de pruebas se tiene una correlación de 1.25 por lo cual modelo en ANSYS resulta útil para la validación de otras alternativas con esta tecnología.

## IX.PROPUUESTAS

Dados los resultados obtenidos a partir de este proyecto de investigación, en los cuales se demuestra de forma teórica y experimental que la hipótesis planteada no es factible; se proponen a continuación algunas alternativas o enfoques para investigaciones futuras en las cuales se plantee un objetivo acorde al presente proyecto de investigación:

### a. Reducción de flujo volumétrico

Usando el modelo matemático desarrollado para conocer la potencia necesaria para cumplir con el objetivo del presente proyecto, podemos estimar el tiempo requerido para cumplir el objetivo de temperatura deseada por el usuario mexicano. Dadas las limitaciones de potencia con la energía seleccionada, podemos resolver el problema matemático, usando una potencia de 1800 W, el volumen definido de 250 ml de agua y la temperatura final de 80°C, siendo el tiempo la incógnita. Encontramos como resultado que si aumentamos el tiempo en el que se obtienen 250 ml de agua de 16 segundos a 51 segundos  $\pm$  10 segundos podemos alcanzar la temperatura objetivo (80°C) haciendo uso de la resistencia *flow-through* 1800W/120V.

### b. Uso de resistencias a 220 V

Como se mencionó en la definición del Alcance de la tecnología [7.1.1], el proveedor Ferrotechnik cuenta con una resistencia con 3400W/230V, si bien esta potencia no es la requerida para este desarrollo con base en los requerimientos del usuario, podría servir de referencia para aplicaciones a fin.

Es importante mencionar que las opciones presentadas requieren prescindir de alguno de los elementos clave para el cumplimiento del objetivo del presente proyecto: Desarrollar el concepto de diseño de un sistema de calentamiento de agua para despachador de refrigerador doméstico con enfoque en el usuario mexicano, factores como la temperatura final del agua, el volumen o temperatura deseados deberán negociarse para ofrecer un atributo de valor al usuario mexicano.

## X.CONCLUSIONES











- Actualmente se han explorado diversas tecnologías de calentamiento de agua para un sistema integrado en múltiples electrodomésticos, incluyendo el refrigerador. Dichas tecnologías hacen uso principalmente de un contenedor y un elemento calefactor o el calor de diversos componentes electromecánicos.
- En el análisis del estado del arte no se encuentra la validación de un elemento de calentamiento instantáneo con una aplicación enfocada en los usos y costumbres del usuario mexicano.
- El análisis de mercado realizado en este proyecto respalda la deseabilidad del usuario mexicano de un refrigerador que cuente con dispensador de agua fría y caliente.
- Los datos obtenidos de forma teórica y experimental respaldan que la hipótesis planteada no es factible. Con base en ellos se rechaza la hipótesis.
- Existen otros métodos para el calentamiento de agua potable que podrían resolver la necesidad del usuario mexicano sin embargo estos métodos ya se encuentran implementados y no aportan al estado del arte,
- El presente proyecto concluye mediante cálculos teóricos que es posible integrar un sistema de calentamiento de agua en un refrigerador, sin embargo, este no satisface la demanda del usuario mexicano.
- El presente proyecto concluye mediante cálculos teóricos que es posible diseñar un sistema de calentamiento de agua en un refrigerador que satisfaga los requerimientos del usuario, sin embargo, su comercialización no es posible debido al incumplimiento de la norma de seguridad y energía.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Tabla de áreas de oportunidad en 'Agua y hielo' para la empresa mabe

A continuación, se muestran las principales áreas de oportunidad identificadas dentro de la empresa mabe para el área de refrigeración, relacionadas al abastecimiento de agua.

Las letras en el apartado de claves inspiracionales significan: Facilitar la vida (F), Consumo eficiente de recursos (C), Bienestar para mi familia (B) y Para mí (P).

ÁREA DE OPORTUNIDAD	INSIGHT	ACCIÓN	CLAVES INSPIRACIONALES
 <p><b>2</b> PRACTICIDAD AGUA</p>	<p>Para satisfacer su necesidad de abastecimiento de agua, las personas se surten de lo más fácil que está a su alcance que les da seguridad.</p>	<p>Poner al alcance de las personas la fuente más segura de agua.</p>	
 <p><b>8</b> CALIDAD AGUA</p>	<p>La calidad del agua se define por una combinación de sabor, temperatura, creencias y experiencias. La calidad y el costo del agua define el para qué y por quién será usada.</p>	<p>Dar soluciones de agua que se adapten a los criterios de calidad, costo y uso de las personas.</p>	
 <p><b>19</b> PRACTICIDAD</p>	<p>Las personas están dispuestas a delegar algunas etapas con el fin de agilizar sus actividades en la cocina.</p>	<p>Hacer de mabe la mano derecha de las personas y sus actividades en la cocina.</p>	
 <p><b>21</b> ETAPAS DE VIDA</p>	<p>El uso de los productos de cocina es diferente en cada etapa de vida y la mayoría de los electrodomésticos no se adaptan a estos cambios.</p>	<p>Hacer que nuestros productos se adapten a las diferentes etapas de vida de las personas.</p>	
 <p><b>29</b> HÁBITOS AGUA</p>	<p>Los requerimientos y hábitos en el consumo de agua de cada persona (pureza, sabor, temperatura, ideas, cultura, cantidad) determinan los tratamientos que se le dan a esta.</p>	<p>Ofrecer mayor flexibilidad de opciones en el catálogo de soluciones de agua.</p>	

Anexo 2. Propiedades del agua saturada. (ÇENGEL, 2007)

**TABLA A-9**

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P <sub>sat</sub> , kPa	Densidad, ρ kg/m <sup>3</sup>		Entalpía de vaporización, h <sub>fg</sub> , kJ/kg	Calor específico, c <sub>p</sub> , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.653 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.280 × 10 <sup>-3</sup>
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—

**Nota 1:** La viscosidad cinemática  $\nu$  y la difusividad térmica  $\alpha$  se pueden calcular a partir de sus definiciones,  $\nu = \mu/\rho$  y  $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$ . Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

**Nota 2:** La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

**Fuente:** Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

Anexo 3. Especificaciones de la resistencia

De acuerdo con la hoja de especificaciones del fabricante de la resistencia, Tabla 14, la resistencia tiene un rango de potencia de 1000W a 1800W.

Tabla 14. Especificación técnica de la resistencia FTH MKII

<b>FTH MKII technical information and connections</b>	
Power ranges	1000W to 1800W single or dual heating sections (to customers specifications) @ 100..120Vac 50/60Hz. 1000W to 2300W single heating section @220..240vac
Dimensions	90mm x 117mm x 36mm (max, see drawing)
Operating pressure	20 bar (max)
Burst pressure	40 bar (min)
Temperature sensor	Fast response NTC, 50K @25°C, $\beta_{25/80}=3976K$
Water connections	High pressure fittings for FEP140 tube 4x2,5mm. Barbed Tube (up to 20Bar without clamping ring) fittings for silicone hoses.
Electrical connections	L, N and E-Fast: 4.8x0.8 faston quick connect terminals. Ntc 2-pole connector (jst S 2B-XH-A).
Overheat protection	E-Fast, Ntc, Thermal fuse ( <b>limited to 15Amps!</b> )
Material	AISI 444, and food approved high temperature plastics
Water volume	4ml
Weight	124 gram (element)

*Anexo 4. Código de programación en Arduino para control del banco de prueba*

```
#define PushButton 2 // Pin del botón
#define ValveRelay 3 // Pin del relé para la válvula
#define ValveLED 4 // Pin del LED indicador de la válvula
#define HeatRelay 5 // Pin del relé para la resistencia
#define HeatLED 6 // Pin del LED indicador de la resistencia

bool isButtonPressed = false; // Variable para almacenar el estado del
botón

void setup() {
    pinMode(PushButton, INPUT_PULLUP); // Configura el pin del botón como
    entrada con resistencia pull-up
    pinMode(ValveRelay, OUTPUT); // Configura el pin del relé de la
    válvula como salida
    pinMode(ValveLED, OUTPUT); // Configura el pin del LED de la
    válvula como salida
    pinMode(HeatRelay, OUTPUT); // Configura el pin del relé de la
    resistencia como salida
    pinMode(HeatLED, OUTPUT); // Configura el pin del LED de la
    resistencia como salida
}

void loop() {
    // Verifica si se ha presionado el botón
    if (digitalRead(PushButton) == LOW && !isButtonPressed) {
        isButtonPressed = true; // Establece que se ha presionado el botón

        // Activa el relé y el LED de la válvula
        digitalWrite(ValveRelay, HIGH);
        digitalWrite(ValveLED, HIGH);

        // Espera 2 segundos
        delay(2000);

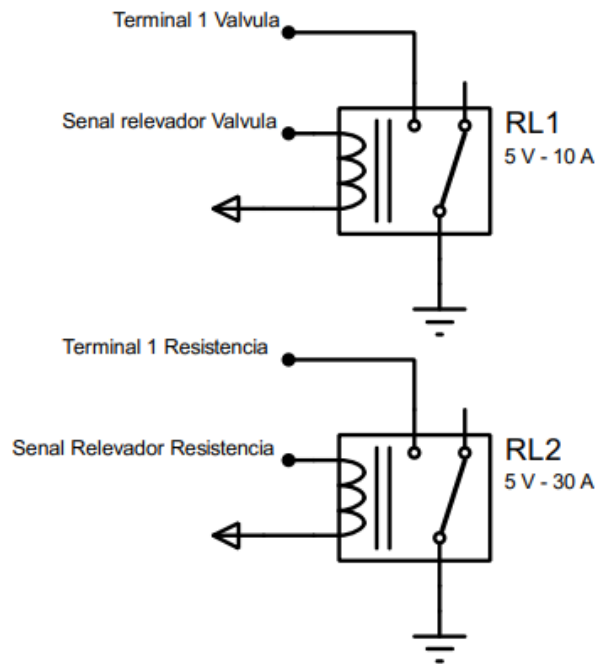
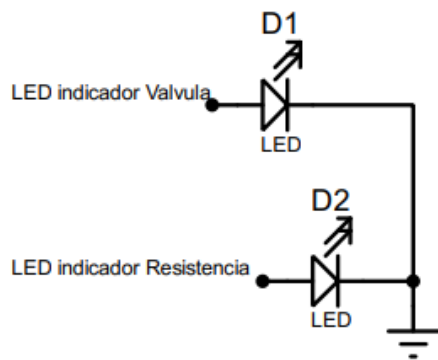
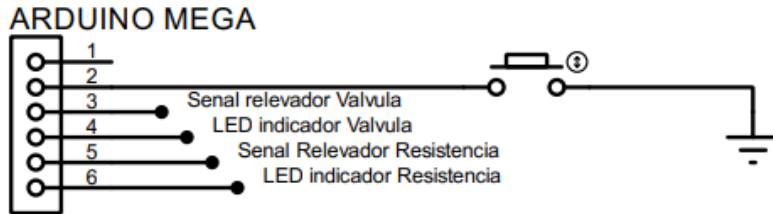
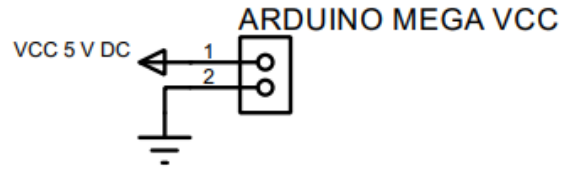
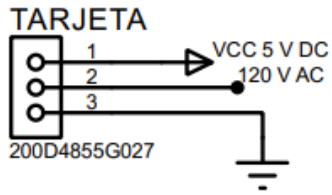
        // Activa el relé y el LED de la resistencia
    }
}
```

```
digitalWrite(HeatRelay, HIGH);
digitalWrite(HeatLED, HIGH);
} else if (digitalRead(PushButton) == LOW && isButtonPressed) {
    isButtonPressed = false; // Establece que se ha soltado el botón

    // Apaga el relé y el LED de la válvula
    digitalWrite(ValveRelay, LOW);
    digitalWrite(ValveLED, LOW);

    // Apaga el relé y el LED de la resistencia
    digitalWrite(HeatRelay, LOW);
    digitalWrite(HeatLED, LOW);
}
}
```

Anexo 5. Esquemático de banco de pruebas. Elaboración propia



## XII. BIBLIOGRAFIA

- Adan. (11 de Julio de 2019). *Xiamiadictos*. Obtenido de Xiaomi adictos: <https://www.xiamiadictos.com/asi-es-el-nuevo-dispensador-de-agua-caliente-que-xiaomi-ha-puesto-a-la-venta-en-youpin/>
- Arduino® MEGA 2560 Rev3. (04 de 03 de 2024). Obtenido de Arduino: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf>
- ÇENGEL, Y. A. (2007). *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Un enfoque práctico*. México, D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Centro-virtual.com. (11 de Mayo de 2022). *Centro-virtual.com*. Obtenido de [https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/dgp\\_gestion\\_calidad/clase5\\_pdf2.pdf](https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/dgp_gestion_calidad/clase5_pdf2.pdf)
- Components 101. (21 de 12 de 2020). Obtenido de [https://components101.com/sites/default/files/component\\_datasheet/Relay-Module-Datasheet.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/Relay-Module-Datasheet.pdf)
- CONAGUA. (2018). Estadísticas del Agua en México, Estadísticas del Agua en México, edición 2018.
- GE. (January de 2015). *GE Appliances and Keurig® Brew Up the Next Big Thing in Refrigeration*. Obtenido de GE Appliances and Keurig® Brew Up the Next Big Thing in Refrigeration: <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-appliances-and-keurig%C2%AE-brew-next-big-thing-refrigeration>
- INEGI. (2020). *Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares 2020*.
- mabe. (2021). *CLÍNICA DE USO DE AGUA*.
- NOM-001-SEDE-2012. (2019). *NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*. Estados Unidos Mexicanos.
- NOM-015-ENER-2012. (s.f.). *NOM-015-ENER-2012. Secretaría de Energía. NOM-015-ENER-2012, Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado*. Estados Unidos Mexicanos.
- NOM-127-SSA1-1994. (s.f.). *NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION*. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de Salud.

Serviplus. (s.f.). Obtenido de [https://visualizador.serviplus.com.mx/datos\\_pt/refr/manuales/ManualUsoYCuidado\\_225D9801P001.pdf](https://visualizador.serviplus.com.mx/datos_pt/refr/manuales/ManualUsoYCuidado_225D9801P001.pdf).

*Steren.* (s.f.). Obtenido de [https://descargas.steren.com.mx/TER-010-instr.pdf?\\_gl=1\\*12ql2sy\\*\\_gcl\\_au\\*MTQ4MzQ4NjkzNC4xNzE0MDk3Mzc2](https://descargas.steren.com.mx/TER-010-instr.pdf?_gl=1*12ql2sy*_gcl_au*MTQ4MzQ4NjkzNC4xNzE0MDk3Mzc2)

*UElectronics.* (25 de 06 de 2021). Obtenido de <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2018/06/Datasheet-SRD-05VDC-SL-C-v1.pdf>

WaterLogic. (2024). Obtenido de <https://www.waterlogic.es/blog/como-funciona-un-dispensador-de-agua/>