



**EDUCACIÓN**

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

“2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata”

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

“REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REFRIGERADOR  
(TIPO CAVA) UTILIZANDO CELDAS PELTIER”.

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN  
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

PRESENTA:

*I.E. Efraín Hernández Morales*

DIRECTOR DE TESIS:

*M.A.E. Fernando Aguirre y Hernández*

CODIRECTOR DE TESIS:

*Dra. Edna Araceli Romero Flores*



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

SEPTIEMBRE 2019



# EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



## TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

FECHA: 10/09/2019  
DEPENDENCIA: POSGRADO  
ASUNTO: Autorización de Impresión  
OPCIÓN: I

**C. EFRAIN HERNANDEZ MORALES**  
CANDIDATO A GRADO DE MAESTRO EN:  
**INGENIERIA ADMINISTRATIVA**

De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

**"REDISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN REFRIGERADOR (TIPO CAVA)  
UTILIZANDO CELDAS PELTIER".**

Comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

A T E N T A M E N T E

  
**MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRIGUEZ**  
JEFE DE LA DIV. DE ESTUDIOS DE POSGRADO



Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México

Tel. 01 (272) 7 24 40 96, Fax. 01 (272) 7 25 17 28 e-mail: orizaba@itorizaba.edu.mx

www.orizaba.tecnm.mx





**EDUCACIÓN**

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

FECHA : 05/09/2019

ASUNTO: Revisión de Trabajo Escrito

**C. MARIO LEONCIO ARRIJOA RODRIGUEZ**  
 JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS  
 DE POSGRADO E INVESTIGACION.  
 P R E S E N T E

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C. :

**EFRAIN HERNANDEZ MORALES**

la cual lleva el título de:

**"REDISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN REFRIGERADOR (TIPO CAVA) UTILIZANDO CELDAS PELTIER".**

Y concluyen que se acepta.

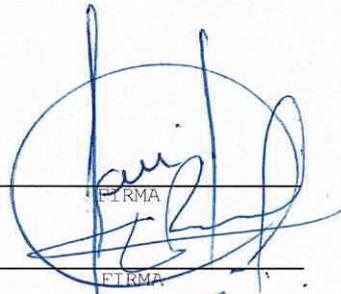
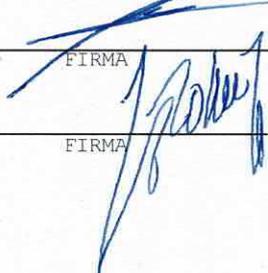
A T E N T A M E N T E

PRESIDENTE : **M.A.E. FERNANDO AGUIRRE Y HERNANDEZ**

SECRETARIO : **DRA. EDNA ARACELI ROMERO FLORES**

VOCAL : **DR. EDUARDO ROLDAN REYES**

VOCAL SUP. : **DR. GUILLERMO CORTES ROBLES**

  
 FIRMA  
  
 FIRMA  
 FIRMA

EGRESADO(A) DE LA MAESTRIA EN **INGENIERIA ADMINISTRATIVA**

OPCION: I **Tesis**



Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México

Tel. 01 (272) 7 24 40 96, Fax. 01 (272) 7 25 17 28 e-mail: orizaba@itorizaba.edu.mx

www.orizaba.tecnm.mx



## **Agradecimientos.**

*El haber completado mis estudios de maestría ha sido uno de los logros más satisfactorios que he tenido en el tiempo que he vivido, ya que fue todo un reto desarrollar cada uno de los trabajos realizados durante este periodo, sin embargo la experiencia y enseñanzas obtenidas, valieron ampliamente el esfuerzo y nunca lo olvidare.*

*En primer lugar quiero agradecer a mi director de tesis el Dr. Fernando Aguirre y Hernández, quien me estuvo guiando durante el desarrollo de proyecto de investigación y por haberme dado la confianza y oportunidad de hacerlo. Así mismo, agradezco al Dr. Guillermo Cortés Robles por el apoyo brindado desde el inicio de este trabajo. Por otro lado, agradezco a los demás miembros de mi comité tutorial, al Dr. Eduardo Roldan Reyes y la Dra. Edna Araceli Romero Flores, quienes con sus observaciones y comentarios, ayudaron al mejoramiento de mi tesis.*

*Agradezco el apoyo de mis maestros, que con sus conocimientos y enseñanzas impartidas en clases, ayudaron a mi formación profesional y personal. Cabe mencionar el agradecimiento que se le hace al comité de la Maestría en Ingeniería Administrativa por haber confiado en mí desde que fui aspirante a ingresar al programa, así mismo, al personal administrativo de la maestría por el apoyo brindado en cada uno de los procesos a realizar.*

*Por último, quiero agradecer a mi madre Gloria Morales y hermana Haydee Hernández quienes me apoyaron durante estos años de estudio y no dejaron que me rindiera, alentándome a seguir hasta el final y por estar siempre conmigo. Así mismo, agradezco a mis compañeros y amigos que me apoyaron en los momentos buenos y malos, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca con la cual pude realizar mis estudios de posgrado a nivel maestría.*

## **Contenido.**

Índice de figuras.....	v
Índice de tablas.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivo general.....	6
1.3.1 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Solución a priori.....	8
1.6 Metodología.....	9
1.7 Estado de la técnica.....	11
1.7.1 Vigilancia tecnológica aplicada.....	12
1.7.1.1 Resultados de la vigilancia tecnológica.....	14
Conclusión parcial.....	21
1.8 Organización de la tesis.....	23
1.9 Posicionamiento de la tesis.....	24
<b>CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>25</b>
2.1 Marco histórico.....	25
2.1.1 Los métodos de conservación de alimentos a través del tiempo.....	25
2.1.2 Uso del frío como método de conservación de alimentos, productos perecederos y regulador de temperatura.....	27
2.2 Marco teórico.....	29
2.2.1 Sistema de refrigeración.....	29

2.2.1.1 Refrigeración. ....	30
2.2.1.2 Circuito de refrigeración. ....	30
2.2.2 Herramientas para el diseño del refrigerador/cava. ....	31
2.2.2.1 Análisis funcional. ....	32
2.2.2.2 QFD (Quality Function Deployment). ....	33
2.2.2.2.1 Matriz QFD. ....	34
2.2.2.3 CAI (Computer Aid Innovation). ....	36
2.2.2.3.1 Categorización de CAI. ....	37
2.2.2.3.2 Beneficios de CAI. ....	37
2.2.2.4 CAD (Computer Aided Design). ....	38
2.2.2.5 Innovation Suite CREAX. ....	39
2.2.2.6 TRIZ (Teoría de Resolución de Problemas Inventivos). ....	40
2.2.2.6.1 Filosofía de TRIZ. ....	41
2.2.2.6.2 Contradicciones. ....	42
2.2.2.6.3 Contradicción física. ....	43
2.2.2.6.3 Contradicción técnica. ....	43
2.2.2.6.4 Recursos. ....	44
2.2.2.6.5 Matriz de contradicción. ....	44
2.2.2.7 Analytic Hierarchy Process (AHP). ....	47
2.2.2.8 Análisis o atributos KANO. ....	49
2.2.3 Metodologías para el diseño y desarrollo de nuevos productos. ....	50
2.2.3.1 Generic PND. ....	50
2.2.3.2 Modelo de Phal y Beitz. ....	51
2.2.3.3 Modelo Stage - Gate. ....	51
2.2.3.4 Elección del modelo. ....	52
2.2.4 Materiales para la creación del prototipo del refrigerador (tipo cava). ....	53
2.2.4.1 Efecto Peltier. ....	53

2.2.4.2 Celda Peltier. ....	54
2.2.4.3 Control de temperatura. ....	57
2.2.4.4 Relevador de voltaje. ....	58
2.2.4.5 Arduino. ....	59
2.2.4.6 Sensores de temperatura.....	61
2.2.4.6.1 Sensor de temperatura LM35. ....	61
2.2.4.6.2 Sensor de temperatura PT100.....	62
2.2.4.7 Fuente de poder. ....	63
2.2.4.7.1 Fuente conmutada ATX.....	63
2.2.4.8 Poliuretano.....	64
2.2.4.8.1 Espuma de poliuretano.....	64
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO CONCEPTUAL Y MECANICO DEL PROTOTIPO.....</b>	<b>65</b>
3.1 Delimitación de la problemática a investigar.....	65
3.1.1 Delimitación Tecnológica. ....	66
3.1.2 Delimitación de prototipo.....	66
3.1.3 Delimitación de económica. ....	66
3.2 Aplicación del QFD. ....	67
3.2.1 Aplicación del AHP.....	67
3.2.2 Análisis Kano. ....	76
3.2.3 Matriz QFD completa. ....	76
3.3 Aplicación del análisis funcional. ....	79
3.4 Aplicación del CAI (utilizando CREAX).....	81
3.4.1 Definición del problema.....	83
3.4.2 Contradicciones. ....	84
3.4.2.1 Contradicciones físicas. ....	85
3.4.2.2 Contradicciones técnicas. ....	85
3.4.3 Recursos del sistema.....	86

3.4.4	Formulación del sistema ideal o Resultado Final Ideal (IFR).....	92
3.4.5	Solución a contradicciones.....	93
3.4.5.1	Solución a contradicciones físicas. ....	94
3.4.5.2	Solución a contradicciones técnicas.....	98
3.4.6	Búsqueda de patentes relacionadas con el sistema.....	105
3.4.7	Patrones de evolución.....	108
3.4.8	Propuesta de solución conceptual.....	113
3.4.8.1	Formulación de la solución conceptual. ....	113
3.5	Capacidad de volumen (espacio) en los compartimentos del prototipo (restricción de espacio). ....	115
3.5.1	Dimensiones de la botella de vino. ....	115
3.5.2	Dimensiones de la botella de agua. ....	116
3.5.3	Medidas del prototipo.....	117
3.5.4	Consumo de energía de los compartimentos por litro.....	119
3.7	Normas de operación del prototipo.....	120
3.6	Diseño mecánico del prototipo. ....	122
3.6.1	Restricciones de operación del prototipo.....	125
3.6.2	Selección de los componentes principales.....	126
3.6.2	Piezas del prototipo.....	126
3.7	Validación del diseño mecánico del prototipo.....	129
CAPÍTULO IV. CONSTRUCCION Y PRUEBAS AL PROTOTIPO.....		132
4.1	Construcción del prototipo.....	132
4.1.1	Dimensiones reales del prototipo. ....	135
4.1.2	Especificaciones técnicas. ....	136
4.2	Aplicación de la solución de las contradicciones en la construcción del prototipo. ....	136
4.2.1	Aplicación de la solución a las contradicciones físicas en el prototipo.....	137
4.2.2	Aplicación de la solución a las contradicciones técnicas en el prototipo.....	138

4.3 Costos generales de fabricación del prototipo (costo unitario).....	139
4.4 Pruebas al prototipo. ....	140
4.4.1 Análisis de resultados y recomendaciones.....	142
Recomendaciones y mejoras en el diseño a futuro. ....	143
Conclusiones.....	144
Referencias.....	146

## Índice de figuras.

Figura 1.1: Metodología de investigación. ....	9
Figura 1.2: Modelo de inteligencia estratégica. Fuentes: (J. Aguirre, 2015).....	13
Figura 1.3: Principales desarrolladores de tecnología, clasificados por su frecuencia de generación de patentes. ....	16
Figura 2.1: Circuito de refrigeración de un refrigerado. Fuente: (F. Aguirre, 2017).....	31
Figura 2.2: Matriz QDF. Fuente: (Ruíz-Falco, 2009).....	35
Figura 2.3: Matriz de contradicción con principio de inventiva de TRIZ. (Córdova Ames, 2008).....	45
Figura 2.4: Celda Peltier. Fuente: (Barrera, 2012).....	54
Figura 2.5: Arreglo: celda Peltier, disipadores y ventilador. Fuente: (Llamas, 2016).....	56
Figura 2.6: Termostato. Fuente: (FAE, 2017). ....	57
Figura 2.7: Relevador. Fuente: (Canto, 2008). ....	57
Figura 2.8: Relevador de estado sólido. Fuente: (Wendt, 2017).....	58
Figura 2.9: Arduino UNO. Fuente: (Kung, 2018).....	59
Figura 2.10. Arduino Mega. Fuente: (Arduino, 2014).....	60
Figura 2.11: Sensor de temperatura LM35. Fuente: (Lechuga, Figueroa, & More, 2011). ....	61
Figura 2.12: Sensor de temperatura PT100. Fuente: (JMIndustrial, 2014). ....	62
Figura 2.13: Fuente de poder ATX de 500W. Fuente: (Acteck, 2010).....	64
Figura 3.1: Segmentos de mercado. ....	68
Figura 3.2: Demandas primarias. ....	69
Figura 3.3: QFD refrigerador completo. ....	77
Figura 3.4: Análisis funcional.....	79
Figura 3.5: Modelo de resolución de problemas de inventiva (Rantanen & Domb, 2007). ....	81

Figura 3.6: Descripción del problema en el software CREAM Innovation Suite.....	83
Figura 3.7: Diagrama de la herramientas de las 9 multi-pantallas. Fuente: Ortega (2015). .....	88
Figura 3.8: Aplicación de la herramienta de las 9 pantallas para la asignación de recursos. .....	89
Figura 3.9: Obtención de los recursos utilizando la herramienta de las 9 pantallas correspondiente al pasado. ....	90
Figura 3.10: Obtención de los recursos utilizando la herramienta de las 9 pantallas correspondiente al presente. ....	90
Figura 3.11: Obtención de los recursos utilizando la herramienta de las 9 pantallas correspondiente al futuro.....	91
Figura 3. 12: Solución a primera contradicción física en CREAM.....	95
Figura 3.13: Solución a segunda contradicción física en CREAM.....	97
Figura 3.14: Primera contradicción técnica en CREAM.....	100
Figura 3.15: Segunda contradicción técnica en CREAM.....	101
Figura 3.16: Tercera contradicción técnica en CREAM.....	103
Figura 3. 17: Solución a la cuarta contradicción técnica. ....	104
Figura 3.18: Diseños de refrigeradores extraídos de Espacenet. Fuente: .....	108
Figura 3.19: Medidas en centímetros del cuerpo del prototipo. ....	118
Figura 3.20: Medidas en centímetros de los compartimientos del prototipo.....	118
Figura 3.21: Diseño mecánico del prototipo básico. Fuente: (F. Aguirre, 2017).....	122
Figura 3.22: Vista frontal del refrigerador. ....	123
Figura 3.23: Vista trasera del refrigerador. ....	124
Figura 3.24: Puerta de los compartimientos del refrigerador. ....	124
Figura 3.25: Kit de refrigeración a implementar en el prototipo.....	127
Figura 3.26: Placa arduino a instalar. ....	128
Figura 3.27: Pantalla LCD. ....	128
Figura 3. 28: Sensor PT100 .....	129
Figura 4.1: Estructura del cuerpo del prototipo.....	132
Figura 4.2: Vista frontal del prototipo en construcción.. ....	133
Figura 4.3: Vista lateral del prototipo en construcción con placas de lámina montadas. .	133
Figura 4.4: Componentes electrónicos instalados dentro del prototipo.....	134
Figura 4.5: Prototipo terminado visto desde el frente.....	134

Figura 4.6: Prototipo terminado.....	135
--------------------------------------	-----

## Índice de tablas.

Tabla 1.1: Listado de patentes por países.....	14
Tabla 1.2: Patentes relacionadas con la fabricación de refrigeradores.....	17
Tabla 2.1: Métodos de conservación de alimentos a través del tiempo. Fuente: (Juliarena & Gratton, 2009).....	26
Tabla 2.2: Datos históricos del uso del frío como técnica de conservación y regulación de temperatura. Fuente: (Córdova, 2009).....	27
Tabla 2.3: Principios de inventiva de TRIZ. Fuente: Ideation International (1999), citado por (Córdova Ames, 2008). ....	46
Tabla 2.4: Escalas de comparación de Saaty utilizadas en el AHP. Fuente: (Osorio Gómez & Orejuela Cabrera, 2008).....	48
Tabla 2.5: Especificaciones técnicas de una celda peltier. Fuente:(Martínez, 2013) y (López, 2014).....	55
Tabla 3.1: Relación de demandas primarias y secundarias.....	69
Tabla 3.2: AHP de demandas primarias.....	70
Tabla 3.3: Índice de consistencia de las demandas primarias. ....	70
Tabla 3.4: Importancia relativa o real de demandas secundarias.....	71
Tabla 3.5: Resultado de la suma de la importancia relativa de las demandas secundarias de mayor impacto (*). ....	72
Tabla 3.6: Demandas primarias y demandas técnicas más importantes.....	72
Tabla 3.7: Medidas de desempeño y pruebas a realizar.....	73
Tabla 3.8: Mejoras marcas de refrigeradores en Europa en 2018. Fuente: (Ketchum, 2018; Lopes, 2018). ....	74
Tabla 3.9: Benchmarking técnico de funciones base entre el producto y competidores...	75
Tabla 3.10: Benchmarking de demandas exigidas entre el producto y la competencia. ....	75
Tabla 3.11: Relación entre componentes y funciones. ....	80
Tabla 3.12: Conflictos identificados entre componentes. ....	80
Tabla 3.13: Contradicciones y parámetros de contradicción. ....	85
Tabla 3.14: Los 39 parámetros de genéricos. Fuente:(Cortés, 2010). ....	99
Tabla 3.15: Patentes relacionadas con el producto.....	106

Tabla 3.16: Dimensiones de botellas de vino de 750 ml. Fuente: (Expotierra Spain, 2015). .....	115
Tabla 3. 17: Normas y criterios de operación de refrigeradores. Fuente: (DOF, 2014)....	120
Tabla 3.18: Demandas primarias y requerimientos técnicos. ....	130
Tabla 3.19: Evaluación del diseño en AutoCAD contra las demandas exigidas y medidas de desempeño. ....	131
Tabla 4.1: Costos generales de fabricación del prototipo.....	139
Tabla 4.2: Pruebas realizadas y resultados.....	140

## Resumen.

En la actualidad la innovación es uno de los factores que la mayoría de organizaciones toman en cuenta al momento de desarrollar algún producto o servicio; esto debido a los cambios constantes dentro de la sociedad, ya que los gustos y necesidades de las personas van cambiando con el paso del tiempo. Las organizaciones se enfrentan a nuevos retos dentro del ambiente en el que se desarrollan. Uno de estos retos es la sustentabilidad dentro de la innovación, la cual es un aspecto que toda organización debe considerar para no afectar su entorno interno y externo y cumplir satisfactoriamente las demandas de la sociedad. Para innovar es necesario hacer uso de distintas herramientas que permitan la correcta gestión de las ideas, ya que hacen posible la transformación de ideas conceptuales en nuevos productos, servicios o procesos.

En los tiempos que corren, es necesario pensar en el aspecto sustentable al momento de desarrollar nuevos productos, servicios o procesos. Es por esto que es necesario desarrollar bienes que sean amigables con el medio ambiente. Es así como nace la idea de crear un refrigerador (tipo cava) con la finalidad de disminuir el desperdicio de alimentos y bebidas por una mala conservación y por otro lado, ahorrar energía y reducir la emisión de gases que realizan los refrigeradores convencionales.

La presente propuesta tiene como objetivo: diseñar y construir el prototipo de un refrigerador (tipo cava) con control de temperatura que pueda ser utilizado tanto en casa como en funciones específicas. Con el desarrollo de este proyecto se busca reducir el desperdicio de alimentos y bebidas por una mala conservación, ahorrar energía y disminuir la liberación de gases de efecto invernadero al ambiente.

El desarrollo de la presente tesis se realiza en cuatro capítulos. El primero abarca las generalidades del proyecto (planteamiento del problema, objetivos, justificación, entre otros), el segundo el marco referencial, el tercero el diseño del refrigerador y el cuarto la construcción del prototipo. Al final de estos capítulos se encuentran los resultados y conclusiones del proyecto.

Palabras clave: *celda peltier, CREAX, innovación asistida por computadora, arduino.*

## **Abstract.**

Currently, innovation is one of the factors that most organizations take into account when developing a product or service; this is due to constant changes within society, as the tastes and needs of people change over time. Organizations face new challenges within the environment in which they develop. One of these challenges is sustainability within innovation, which is an aspect that every organization should consider so as not to affect its internal and external environment and satisfactorily meet the demands of society. To innovate it is necessary to make use of different tools that allow the correct management of ideas, since they make possible the transformation of conceptual ideas into new products, services or processes.

In these times, it is necessary to think about the sustainable aspect when developing new products, services or processes. This is why it is necessary to develop goods that are friendly to the environment. This is how the idea of creating a refrigerator (cava type) was born in order to reduce the waste of food and beverages due to poor preservation and, on the other hand, to save energy and reduce the emission of gases that conventional refrigerators produce.

The purpose of this proposal is to design and build the prototype of a refrigerator (cava type) with temperature control that can be used both at home and in specific functions. The development of this project seeks to reduce the waste of food and beverages due to poor conservation, save energy and reduce the release of greenhouse gases into the environment.

The development of this thesis is carried out in four chapters. The first covers the generalities of the project (approach to the problem, objectives, justification, among others), the second the reference framework, the third the design of the refrigerator and the fourth the construction of the prototype. At the end of these chapters are the results and conclusions of the project.

*Keywords: peltier cell, CREAM, computer-assisted innovation, arduino.*

## CAPÍTULO I. GENERALIDADES

### 1.1 Introducción.

La velocidad con la que ocurren los cambios económicos y sociales en la actualidad, da lugar a que las organizaciones tengan que acoplarse y aplicar nuevas estrategias que permitan hacer frente a cada uno de los cambios que ocurren dentro del entorno que las rodea.

Por otro lado, el gusto de los consumidores y los cambios en la tecnología, alientan a las empresas, a desarrollar nuevos productos que cumplan con las especificaciones demandadas por los clientes. Es por esto que la innovación dentro y fuera de las organizaciones supone un punto a considerar.

Las organizaciones en la actualidad saben que al desarrollar nuevos productos aseguran su supervivencia y que para ello, es necesario aplicar estrategias que permitan agilizar el proceso de creación de productos innovadores. Así mismo, existen emprendedores que buscan generar sus propias innovaciones para dar pie a la creación de su propio capital.

Con lo anteriormente descrito, no es una sorpresa que las organizaciones dedicadas a la producción de bienes, servicios y por otro lado, los emprendedores, realicen grandes esfuerzos con la finalidad de mejorar su capacidad de desarrollar nuevos bienes y por consiguiente, innovar.

La innovación es considerada la fuerza que impulsa a las organizaciones a seguir adelante y no estancarse en un mismo punto. Este proceso comienza con el desarrollo de un nuevo concepto que al transcurso de los días, se transforma finalmente en un producto o servicio con la capacidad de cumplir con las demandas del mercado.

## 1.2 Planteamiento del problema.

En la actualidad existen grandes cambios económicos y sociales alrededor del mundo; bajo estas condiciones, las organizaciones tienden a realizar cambios en su filosofía, estrategias y sobre todo, los cambios que realizan a sus productos o servicios, es decir, la forma en la innovan los bienes que ofrecen.

Las personas, así como empresas pueden observar, pensar y darle solución a las distintas necesidades que el mercado tiene en cuanto a innovación se refiere, a través de estrategias sustentables. Según Cruz ( 2017) la innovación es vista como una fuerza que impulsa a las organizaciones a seguir adelante; este autor afirma que el proceso que conlleva a la innovación, comienza con el desarrollo de nuevas ideas, las cuales deben ser capaces de cumplir con las exigencias del mercado.

El innovar requiere hacer uso de distintas herramientas que faciliten la generación de buenas ideas de forma sistemática, es decir, es necesario utilizar herramientas que permitan transformar las ideas conceptuales en nuevos productos, servicios o procesos. Para poder innovar, es necesario un sistema que facilite la resolución de problemas creativos ligados a la evolución de una idea o concepto en producto que sea funcional y a la vez rentable.

Según Altshuller & Altov (1996) existen dos problemas con los que frecuentemente los innovadores se encuentran, estos son:

- El desarrollo de nuevas ideas que den pie a invenciones o creaciones de nuevos conceptos, en otras palabras, la invención desde el punto técnico y la formulación teórica.
- La gestión del proyecto de innovación, es decir, la posible comercialización una vez que la etapa de creación ha sido superada (este punto puede ser desarrollado como un trabajo posterior al de la presente propuesta).

Los problemas antes descritos son solo algunos de los que se presentan durante el proceso de innovación. En los tiempos que corren, también es necesario pensar en el aspecto sustentable al momento de desarrollar nuevos productos, servicios o procesos. Es por esto que es necesario desarrollar bienes que sean amigables con el medio ambiente. Es así como nace la idea de crear un refrigerador (tipo cava) utilizando celdas peltier con la finalidad de disminuir el desperdicio de alimentos y bebidas por una mala conservación y por otro lado, ahorrar energía (que se traduce en reducción de la tarifa eléctrica) y disminuir el uso de gases que los sistemas de refrigeración convencionales utilizan.

Van Otterdijk y Meybeck (2012) mencionan que cerca de un tercio de la elaboración de los alimentos enfocados al consumo humano se pierde o se desperdicia en todo el mundo, lo que equivale a aproximadamente 1 300 millones de toneladas al año. Según los autores antes mencionados, una de las causas de esto, es la conservación de los alimentos a temperaturas inadecuadas. Los productos perecederos son diferentes entre sí y por esta razón, cada uno de ellos necesita medios específicos para su conservación. Estos medios de conservación pueden ser: la temperatura, la humedad relativa, la disposición de almacenamiento y la circulación de aire.

La principal causa de la descomposición de los alimentos, medicinas y bebidas son bacterias, hongos y enzimas, los cuales están presentes en todos los organismos y provocan o catalizan reacciones químicas que generan cambios en la textura o composición de los alimentos, por lo que estos se van alterando al punto de perder su apariencia original. Se debe de considerar que el almacenamiento de alimentos y bebidas cae un rango de temperatura de 0 a 5<sup>º</sup> C. La velocidad de reproducción de los microorganismos depende, entre otros factores, de la temperatura. Es así que, algunos microorganismos crecen a temperatura de refrigeración (baja temperatura), sin embargo, la velocidad de crecimiento es considerablemente más lenta y resulta necesario un período de tiempo más largo para que haya suficiente desarrollo microbiano como para causar deterioro; por esto, mediante la refrigeración del producto la vida útil es incrementada (Aguirre, 2017).

En la actualidad la refrigeración tiene muchas aplicaciones, la principal y más importante es la preservación de alimentos. La mayoría de los alimentos expuestos temperatura ambiente tienden a descomponerse debido al rápido crecimiento de bacterias. La temperatura normal de operación para que esto no ocurra es 4.4 °C aproximadamente (Air-Conditioning and Refrigeration Institute, 1979), en la cual la bacteria crece muy lentamente y los alimentos, a esta temperatura, se conservan más tiempo en buen estado.

El diseño de sistemas de refrigeración se encuentra inmerso en muchas aplicaciones del sector industrial, sin embargo, estos sistemas no han variado mucho con el tiempo. Los equipos de refrigeración comercial son armarios para el almacenamiento en frío, que cuentan con puertas especiales de vidrio, parrillas o bandejas para colocar los productos, además de sistemas para la iluminación en su interior; para generar frío, utilizan compresores, los cuales hacen circular un gas dentro del armario, que es el que se encarga de conservar los alimentos. De esta manera, varias compañías diseñan equipos de refrigeración comercial, que se ajustan a las condiciones de cada tipo de producto y a las necesidades de cada cliente, sin embargo, cada uno de los compartimentos enfría a una misma temperatura por lo que no es posible conservarlos a la temperatura que requieren.

El uso de gas en los sistemas de refrigeración actuales, traen consecuencias negativas al medio ambiente, ya que la mayoría de estos sistemas utilizan gases fluorados, los cuales según Fenercom (2013), contribuyen al efecto invernadero y debilitan la capa de ozono. Esto en términos generales, contribuye al calentamiento global, el cual es un problema a escala mundial. Así mismo, un sistema de refrigeración convencional consume un aproximado de 575 watts (Abaroa, 2015), por lo que si permanece conectado las 24 horas del día, ocho de esas 24 horas se mantendrá operando a máxima potencia (Cime, 2014); si hace la conversión a kilowatt-hora<sup>1</sup>, en un mes se tendrían 138 KW/h consumidos y al año 1656 KW/h, de esta forma el costo por mantener conectado el sistema de refrigeración al mes es de \$131.928 y \$1583.136 al año [cálculo realizado con la tarifa de consumo intermedio de (CFE, 2018)<sup>2</sup>]. Esto puede no ser un costo tan alto, pero existen lugares en donde se tiene más de un refrigerador para distintos productos, por lo que el costo por consumo eléctrico se incrementa.

<sup>1</sup> La fórmula para el cálculo de KW/h es: [(watts)(horas/día)]/1000

<sup>2</sup> Tarifa de consumo intermedio de CFE = \$0.956

Aunado a lo anterior, existe en el mundo la necesidad de disminuir los niveles de contaminación por la mala conservación y desperdicio de alimentos, ya que según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) citada por Expansión (2013), causan un grave daño a los recursos naturales de la humanidad, como el clima, el agua, el suelo y la biodiversidad; así mismo cada alimento que se desecha genera distintas bacterias, gases, y toxinas (García et al., 2005) que contribuyen a la degradación del medio ambiente. Por otro lado, existe la necesidad de disminuir los gases de efecto invernadero, ya que son los principales causantes del calentamiento global (Benavides & León, 2008; Sostenibilidad, 2016). Así mismo es importante disminuir el consumo energético dentro de los distintos sectores de la sociedad, ya que supone un ahorro en la economía.

Es por eso que con todo lo antes mencionado se puede exhibir que la conservación de los alimentos, medicinas y bebidas en el mundo es un problema enorme y variado, por lo que en este trabajo de investigación se plantearán los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para el diseño y construcción de una tecnología con la capacidad de tener una temperatura propia en cada uno de sus contenedores sin hacer uso de gas para el proceso de enfriamiento y por otro lado reducir el consumo de energía eléctrica.

### **1.3. Objetivo general.**

Rediseñar y construir un prototipo de un refrigerador (tipo cava) con control de temperatura en cada compartimiento, el cual pueda ser utilizado tanto en casa como en sitios donde se requiera un sistema de refrigeración con distintos niveles de enfriamiento.

#### **1.3.1 Objetivos específicos.**

- Rediseñar el sistema de refrigeración haciendo uso de la innovación asistida por computadora (CAI), con la finalidad de obtener los parámetros de diseño.
- Construir un prototipo del sistema de refrigeración mediante el uso de los materiales establecidos en el proyecto que permita la verificación de los requerimientos establecidos.
- Verificar a través de las pruebas al prototipo, el cumplimiento de las especificaciones y funciones.

## 1.4 Justificación.

En la actualidad la conservación de los alimentos es uno de los problemas más difíciles de la humanidad; muchas personas se enfrentan diariamente a la tarea de evitar que sus alimentos se desperdicien, sin embargo, la mayoría de las veces los productos se descomponen o simplemente quedan inservibles por no poderlos mantener en las mejores condiciones, frente a esto, existe un índice de 1,300 millones alimentos que se desperdician y que podrían aprovecharse.

Los sistemas de refrigeración juegan un papel muy importante en la época actual, ya que ayudan a evitar que productos perecederos pierdan su vida útil más rápido. Basta recordar que en un principio la humanidad era nómada a causa de no poder resguardar alimentos para un futuro, lo que orillo a los nativos a viajar de lugar a lugar por el hecho de no poder guardar alimentos, fue por eso que se inició con métodos de preservación de alimentos. No obstante, aunque en la actualidad se cuenta con estos sistemas para preservar los alimentos, la mayoría de ellos solo se enfoca en enfriar o congelar a la misma temperatura cada uno de los compartimientos que lo conforman, por lo que no se respeta en su totalidad las especificaciones que cierto producto requiere para su adecuada conservación. Por otro lado, estos sistemas de refrigeración utilizan gas para mantener los productos en buen estado, por lo que causan graves daños al medio ambiente. Por último el alto consumo energético de los sistemas actuales, supone un riesgo para la economía de los usuarios y del medio ambiente.

Al crear un refrigerador que sea capaz de mantener los productos a la temperatura que requieren, a través de la regulación de esta en cada uno de los compartimientos por medio de un sensor de y la programación del suministro de energía eléctrica mediante un arduino<sup>3</sup>, disminuirá el desperdicio y contaminación que estos generan; así mismo, supondrá un ahorro para los consumidores el tener que evitar comprar nuevos productos por haberse descompuesto los que ya tenían.

---

<sup>3</sup>Arduino: plataforma de código abierto que sirve como elemento para la construcción de proyectos electrónicos.

Debido a que este sistema de refrigeración no usará gas (usará celdas peltier), se reducirán las emisiones de gases nocivos al ambiente que la mayoría de los refrigeradores convencionales generan a través del uso de gases fluorados (gases refrigerantes). De esta manera se contribuirá a disminuir el calentamiento global, el cual afecta la calidad de vida de los seres vivos del planeta.

Por último, el refrigerador que se propone contribuirá al ahorro de energía, el cual se traduce en una disminución de la tarifa por consumo eléctrico a los usuarios. Esto se podrá lograr debido que se hará uso de dispositivos electrónicos en la fabricación del prototipo que utilizan menos energía eléctrica que los materiales que utilizan actualmente los sistemas de refrigeración convencionales.

Socialmente, el desarrollo del refrigerador beneficiaría a los siguientes usuarios:

- Restaurantes, en donde se utiliza para la conserva de ingredientes y propiedades nutrimentales de los alimentos.
- Usuarios individuales que buscan el mejor resguardo de sus alimentos y bebidas.
- Coleccionistas y consumidores de vinos.
- Hospitales que ocupen de temperaturas adecuadas para el resguardo de sus medicinas (ejemplo “insulina”).

## **1.5 Solución a priori.**

A través del proceso de rediseño y construcción, será posible desarrollar un refrigerador (tipo cava) con control de temperatura el cual pueda ser utilizado tanto en casa como en sitios donde se requiera un sistema de refrigeración con distintos niveles de enfriamiento.

## 1.6 Metodología.

Las actividades que se realizarán para lograr los objetivos propuestos con anterioridad, serán colocadas en etapas; cabe resaltar que esta es una metodología de diseño propio.

El proyecto consta de cuatro etapas, las cuales son las siguientes:

1. Búsqueda, recolección y análisis de información.
2. Diseño del prototipo
3. Construcción del prototipo
4. Prueba piloto y conclusiones

La figura 1 muestra de forma sintetizada la metodología a seguir.



Figura 1.1: Metodología de investigación. Fuente: Diseño propio.

## **Etapa 1. Búsqueda y recolección de información.**

Dentro de esta etapa se considera realizar una búsqueda a fondo de la teoría correspondiente a las herramientas a utilizar y materiales, la cual será descrita en el siguiente capítulo. Lo anterior se hará con la finalidad de asegurarse que los conceptos propuestos sean las adecuadas para realizar el proceso de rediseño y construcción del refrigerador que se pretende desarrollar. Por otro lado, también se contempla el análisis de patentes, para evitar infracciones por derechos de autor.

Las herramientas que se van a utilizar y las cuales se buscarán información, son las siguientes:

- Análisis funcional (FAST).
- Analytic Hierarchy Process (AHP).
- Análisis Kano.
- Despliegue de funciones de calidad (QFD).
- Diseño asistido por computadora (CAD).
- Software CREAX.
- Teoría de resolución de problemas inventivos (TRIZ).
- Modelos de

Por otro lado los materiales que se pretende obtener mayor información y que posteriormente se utilizaran son los siguientes:

- Celda peltier.
- Arduino.
- Sensor de temperatura LM35.
- Relevador de voltaje, entre otros.

## **Etapa 2. Rediseño del prototipo.**

En la segunda etapa se contempla realizar el rediseño del refrigerador a través del CAD. Por otro lado, también se pretenden desarrollar los lineamientos técnicos y característicos, funciones, despliegues de calidad y resolución de problemas que se puedan presentar, a través de las herramientas del QFD, FAST, TRIZ.

### **Etapa 3. Construcción del prototipo.**

En esta tercera etapa se contempla realizar la construcción física del prototipo con los materiales propuestos; esto partir del diseño que se realice en la etapa 2. En este lapso del proyecto, se instalarán los componentes electrónicos que harán funcionar al sistema de refrigeración, finalizado este proceso de construcción se procederá con la cuarta y última etapa.

### **Etapa 4. Prueba piloto y conclusiones.**

Terminado el proceso de construcción del prototipo, se procederá a realizar las pruebas de funcionamiento que sean pertinentes, con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Una vez que se observa el adecuado funcionamiento de este, se proseguirá con el desarrollo de las conclusiones, para así poder finalizar con el proyecto de tesis.

## **1.7 Estado de la técnica.**

La temática acerca del desarrollo de sistemas de refrigeración, en especial los sistemas que conservación de alimentos (refrigeradores), ha sido ampliamente estudiada. Diversas instituciones y empresas, dedicados a la generación de nuevos sistemas de refrigeración han ido creando nuevos sistemas de conservación de alimentos cada vez más sofisticados, sin embargo su funcionalidad no ha variado mucho con el paso del tiempo, es decir, la forma en la que operan.

La mayoría de las empresas que fabrican u ofrecen distintos sistemas de refrigeración, pueden tener su propia marca como señal de identidad. Sin embargo, en los tiempos que acontecen la cantidad de estos sistemas existentes en el mercado es tan grande, que existe la posibilidad de que algunos sean similares entre sí, por lo que es conveniente indagar acerca del tema con la finalidad de que la propuesta no haya sido ya desarrollada.

### 1.7.1 Vigilancia tecnológica aplicada.

Para poder verificar que la propuesta no haya sido realizada y que es factible llevarla a cabo, se aplicó la vigilancia tecnológica, la cual es un proceso ordenado para la obtención, filtrado y tratamiento de la información. Como base para la ejecución de la vigilancia tecnológica, es posible decir que se utilizó parte de la metodología propuesta en el artículo: Inteligencia estratégica: un sistema para gestionar la innovación de Aguirre (2015), dado que es similar al proceso de vigilancia tecnológica que realizó Cortés (2018) y del cual se extrajeron datos. En este documento se describen las etapas que conforman a la inteligencia estratégica, las cuales son:

- Indagar la producción académica respecto al tema de interés.
- Observar la relación existente entre los tópicos que se encuentren y el tema de interés.
- Detectar las áreas que tienen interés en el tema seleccionado.
- Detectar las redes colaborativas de trabajo por países y autores acerca del tema de interés.
- Extraer información de bases de datos de patentes (vigilancia tecnológica).
- Analizar qué tan competitivo es el tema de interés con respecto a los otros temas ya existentes (inteligencia competitiva).
- Proyectar hacia donde se quiere llevar a futuro el tema de interés, así como ver tendencias y patrones a futuro acerca del mismo.
- Planear la estrategia para lograr los objetivos propuestos.

Los puntos anteriores describen la metodología de inteligencia estratégica, la cual permite obtener información de distintas fuentes con la finalidad de desarrollar nuevo conocimiento; la figura 1.2 muestra de manera sintetizada la unión de los elementos antes descritos.



Figura 1.2: Modelo de inteligencia estratégica. Fuente: Aguirre (2015).

En el proceso de vigilancia tecnológica se hizo énfasis en la investigación acerca de temas relacionados con la naturaleza de la propuesta, la cual es el rediseño y construcción de un refrigerador (tipo cava). Por otro lado también se hizo uso de diversas metodologías de búsquedas de patentes, las cuales son reportadas por USPTO, Espacenet, (Michel, 2006 citado por Cortés, 2018) y por diversas soluciones de software reportadas, entre ellas la más relevante Goldfire Innovator de la empresa IHS (Goldfire, 2018 citado por Cortés, 2018). Las etapas más relevantes de esta combinación de metodologías son las siguientes:

- Identificación de códigos en bases de patentes.
- Selección de la terminología relevante para el problema con la finalidad de realizar búsquedas semánticas y complementar la búsqueda.
- Elaboración de gráficos de tendencias
- Elaboración de gráficos de influencia mediante nubes de etiquetas
- Valoración de las patentes según los dominios identificados
- Elaboración de un análisis transversal entre dominios en los cuales se puede transferir o asimilar una función
- Elaboración del reporte que contiene los principales hallazgos y conclusiones derivadas del análisis (Cortés, 2018).

### 1.7.1.1 Resultados de la vigilancia tecnológica.

Al aplicar las metodologías antes descritas para realizar la búsqueda de patentes que tuvieran relación con la propuesta, se observó que la tecnología está ya en su fase de madurez, por lo que este tipo de sistemas continuará su evolución hacia la asimilación de nuevas funciones.

Las patentes seleccionadas para elaborar la vigilancia, se relacionan en su mayoría con los términos siguientes: refrigerator con 1760 patentes, bottle con 666, food con 911, wine con 1293. Estas palabras corresponden con los objetivos del análisis y en consecuencia, pueden coincidir con la funcionalidad pretendida con el proyecto de desarrollo.

De acuerdo con los datos observados y tomando en cuenta las patentes utilizadas en la fue posible realizar una clasificación por solicitudes de patentes de acuerdo al país; esto permite generar una categorización básica, la cual se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Listado de patentes por países.

<b>País</b>	<b>Patentes</b>
Estados unidos	2008
China	1640
Japón	509
Alemania	327
República de Corea	296
Dinamarca	149
Canadá	112
Reino Unido	109
Países Bajos.	102
Australia	90
México	5

Como es posible observar en la tabla 1.1 el país que más patentes tiene es Estados Unidos; algunas de estas coinciden con el objetivo del proyecto y otras no. Por otro lado también es posible visualizar que en México hay solo 5 patentes solicitadas dentro del dominio y muy pocas coinciden con el objetivo del análisis.

Derivado del análisis de estas patentes es posible concluir lo siguiente:

- Existen pocos desarrollos en México relacionados con el diseño de unidades de refrigeración con características específicas
- Existe un mercado potencial para el producto

Con respecto a la frecuencia en la generación de patentes, se generó un gráfico de influencia mediante nubes de etiquetas. La figura 1.3 muestra la nube de etiquetas correspondiente a los solicitantes más frecuentes de los sectores seleccionados para el monitoreo tecnológico, entre los que destacan compañías fabricantes de electrodomésticos.



Figura 1.3: Principales desarrolladores de tecnología, clasificados por su frecuencia de generación de patentes.

De esta nube de etiquetas se desprende que Bosch Siemens es la empresa más activa en el dominio con 198 patentes. Le siguen LG Electronics, Samsung Electronics y Haier Group con 112, 89 y 78 patentes respectivamente. Es importante hacer notar que en el listado de los principales competidores se encuentra una universidad: Universidad Zhejiang con 15 patentes.

Posteriormente se valoraron y analizaron las patentes más relevantes, con la finalidad de encontrar aquellas que entren en conflicto directo e indirecto con el proyecto. La tabla 1.2 describe de forma breve las principales invenciones relacionadas con el desarrollo de refrigeradores.

Tabla 1.2: Patentes relacionadas con la fabricación de refrigeradores.

No. de documento.	Solicitante y año.	Descripción y relación con el proyecto.
US2018180353A1	Supercooler Tech In (US) 2018	Esta patente describe la utilización de sensores y programación del refrigerador para conservar la temperatura deseada dentro de él. Sin embargo difiere del proyecto en el hecho de que el prototipo a desarrollar tiene tres compartimentos y no uno solo, por lo que cada compartimento tendrá su propia temperatura; además de que no utiliza compresor alguno para generar el frío.
US2018172332A1	Samsung Electronics Co Ltd [Kr] 2018	La invención es similar al Proyecto en la parte de que posee distintos compartimentos, sin embargo, estos no contienen algún tipo de programación y, por otro lado, utiliza un compresor para generar frío; estos puntos difieren con las especificaciones del refrigerador propuesto.
CN207422765U	Hisense Ronshen Gd Refrig Co 2018	El modelo de utilidad describe una planta de refrigeración para vinos, con separaciones entre sus compartimentos, los cuales funcionan de manera similar al proyecto a realizar, sin embargo, se limita solo al almacenamiento de vinos, por lo que difiere del dispositivo a construir.
US2018135911A1	Barnes Teresa [US] 2018	Esta patente expone un aparato de enfriado rápido construido sobre una base que soporta una cámara de enfriamiento. Vale la pena destacar el enfriado rápido, ya que no se contemplaba dentro del proyecto.
US2018128536A1	Whirlpool Co [US] 2018	Esta patente compite con uno de los propósitos del proyecto, el cual es el ahorro energético, sin embargo, la forma en la que se aplica la generación de frío para que dicho ahorro suceda, es diferente.

CN107957161A	Univ Guizhou 2018	Esta patente de la Universidad Guizhou es similar un cuanto al diseño estructural del proyecto, ya que tiene distintos compartimento para distintos productos, no solo para vino, también es posible almacenar otros productos. Se describe como un refrigerador multifuncional, aspecto que podría ser considerado para el proyecto.
CN207214622U	Hefei Hualing Co Ltd Hefei Midea Refrigerator Co Midea Group Co Ltd 2018	Este modelo de utilidad concuerda con el aspecto de almacenamiento de vinos del proyecto, pero la forma de operar es diferente. Un punto rescatable es la forma que tiene el compartimento en donde se almacenaran los vinos, ya que este tiene la forma adecuada para mantener fijas las botellas (cada ranura tiene medidas y diámetros diferentes para distintas formas de botella).
US2018238607A1	Lagasse David C [US] 2018	La patente describe un refrigerador con compartimentos separados uno de otros; esto compite con el proyecto, aunque por la forma en la que se genera frío, es diferente.
AU2016392409A1	Anheuser Busch Inbev SA 2018	Esta patente describe que el dispositivo de refrigeración permite un mejor control de temperatura, así como un enfriamiento constante (a la temperatura ideal), con la finalidad de conservar bebidas enlatadas. Esto es similar al proyecto, ya que este se programara para mantener la temperatura deseada, sin que esta cambie.
US2018220819A1	Ember Tech Inc. [US] 2018	La invención coincide con el proyecto, en la parte del control de temperatura, a través de circuitos que se activen y desactiven según la temperatura al interior del refrigerador, aunque este de aspecto portable y solo se enfoca en la refrigeración de líquidos embotellados.
US2018216874A1	Electrolux Do Brasil Sa [BR] 2018	La invención no coincide con el proyecto, sin embargo, sería conveniente asimilar el aspecto del diseño del interior de cada compartimento, ya que describe que cada espacio tiene placas en donde es posible colocar botellas y otros objetos dentro, con la finalidad de evitar que estos se caigan al abrir la puerta del refrigerador.

US10023456B1	Denise Jason Adam [US] 2018	Esta invención no compite directamente con el proyecto, pero propone un aspecto a considerar para el diseño del prototipo, el cual es un dispensador de líquidos que se active de manera automática al detectar un vaso o botella, permitiendo rellenarlos sin tener que pulsar algún botón.
US2018180352A1	Tequila Cuervo S.A De C.V [MX] 2018	Esta patente describe un enfriador de bebidas con dos compartimientos. Aunque esto es similar al proyecto a desarrollar, la función de cada compartimento es diferente, ya que uno tiene la función de almacenar el gas refrigerante y el otro de contener las bebidas.
WO2018039762A1	Vantil Julio Celso [BR] 2018	Esta invención compite con el proyecto, ya que contiene sensores, los cuales ajustan la temperatura al interior del refrigerador, dependiendo de la bebida que se almacene en él. Sin embargo, este no es el único propósito del proyecto.
CN207050291U	Laoniangjiu Food And Beverage CO LTD 2018	Este modelo de utilidad no compite con el propósito del proyecto, ya que realiza todo lo contrario a ese (descongela y desenfría), no obstante, es de considerar la propuesta de incluir canaletas que ayuden a distribuir mejor el frío dentro del refrigerador.
CN107606853A	Guangdong Indel B Entpr CO LTD 2018	La invención no coincide con el propósito del proyecto ya que esta hace referencia a un refrigerador inteligente para automóviles, no obstante, el aspecto del diseño mecánico, puede asimilarse para adoptarlo y modificarlo en el propio.
CN107477954A	Qingdao Haigao Design Manufacture CO LTD 2018	Esta patente no compite con la finalidad del proyecto, ya que describe una cámara de enfriamiento instantáneo (menciona lo rápido que se enfrían los productos al interior de la cámara). Esto puede considerarse para la construcción del propio prototipo, ya que no se ha considerado la velocidad de enfriamiento en este, por lo que puede ser asimilado.

US2017332658A1	Gen Electric [US] 2018	Esta invención no compite con la finalidad del proyecto, pero puede aportar en el aspecto del diseño del sellado de las puertas que tendrá el prototipo a desarrollar.
US2018231277A1	Bsh Hausgeraete Gmbh [DE] 2018	Esta patente no compite directamente con el proyecto, dado que la forma en la que opera es distinta, sin embargo, es de considerarse la forma en la que se instaló los dispositivos dentro del refrigerador (el circuito eléctrico), con la finalidad de hacer los ajuste pertinentes en el propio proyecto.
CN207471894U	Hisense Chengdu Refrigerator CO LTD 2018	Si bien este modelo de utilidad es de un refrigerador, no compite directamente con el propósito del proyecto, ya que describe la forma que el interior del dispositivo debe tener para colocar adecuadamente las botellas de vino y evitar que se resbalen. Esto puede ser asimilado y adaptado al propio proyecto.
CN206639302U	Nanjing Institute Of Industry Tech 2018.	Este modelo de utilidad compite con el Proyecto en el hecho de que se presenta como un refrigerador inteligente, sin embargo, las funciones “inteligentes” son diferentes al del propio Proyecto. Por otro lado es posible asimilar y adaptar algunos dispositivos que el modelo utiliza.
US2017314839A1	Enviro-Cool Commercial Ltd. [GB]	Esta invención no compite con el proyecto en aspecto alguno (salvo la parte de enfriar botellas); en cuanto a funciones no existe alguna a considerar.
US2017299256A1	Lg Electronics Inc. [KR] 2017	Esta invención no compite directamente con la finalidad del proyecto, pero contiene aspectos de diseño mecánico o físico, que pueden ser asimilados para formar el propio prototipo el proyecto.
CN206440065U	Chengdu Beicanglu Tech Co. LTD 2017	El modelo de utilidad que se describe, no supone un problema para la realización del proyecto, ya que los componentes que se utilizan para su construcción son diferentes. Así mismo, la forma en la que opera, difiere a la del proyecto. No obstante se puede considerar algunos de los dispositivos que integran el modelo, al momento de ejecutar la construcción del prototipo.

---

## Conclusión parcial de la vigilancia tecnológica realizada.

De las patentes analizadas y que se describen en la tabla 1.2, algunas coinciden con distintos aspectos que la propuesta considera, sin embargo cabe destacar que ninguna de estas es exactamente igual, ya que la forma en la que opera cada uno de los refrigeradores descritos, es distinta.

Los elementos que se observaron en el análisis de las patentes y que son similares a las propuestas son las siguientes:

- Funciones “inteligentes”, bajo programación del sistema de enfriamiento.
- Diseño estructural (físico) similar al de propuesta (distintos compartimentos, para diferentes productos).
- Algunos dispositivos electrónicos son iguales a los que la propuesta pretende utilizar (sensores de temperatura, displays, entre otros).

Si bien los puntos anteriores se tienen que considerar, la forma en la que se pretende que opere el refrigerador de la propuesta, es diferente, debido a lo siguiente:

- La propuesta utilizará celdas peltier acopladas a ventiladores y disipadores de calor, para realizar la producción de frío dentro de los compartimentos del prototipo que se pretende construir.
- No hará uso de gases para la producción de frío al interior del refrigerador.
- El consumo eléctrico será menor, debido a que los dispositivos electrónicos que se pretende utilizar, no utilizan demasiada energía eléctrica.
- La programación que se hará para mantener la temperatura de refrigeración adecuada, es para cada compartimento, por lo que cada uno de estos tendrá diferente temperatura.

La originalidad de la propuesta radica en la forma en la que operará, con los dispositivos electrónicos que se le instalaran, ya que no utilizará gases refrigerantes, bombas o compresores, si no que hará uso de arreglos de celdas peltier para producir el enfriamiento de cada compartimento. Las patentes de refrigeradores descritas en la tabla anterior, mencionan que estos hacen uso de gas refrigerante y compresores para hacer circular el frío dentro este, por lo que la propuesta difiere en este aspecto.

Debido a que no hará uso de gases, no contaminará el ambiente o a alguno de los productos que se almacenen dentro del refrigerador. Así mismo, el consumo eléctrico será menor, por lo que se espera que ahorre energía y disminuya la tarifa eléctrica. Estos aspectos también difieren de las patentes analizadas, ya que se pretende que la propuesta sea vista como “ecológica” o “sustentable”.

Dentro de las funciones que las patentes describen y que sería bueno asimilar, destacan las siguientes:

- Cajones deslizables para cada compartimento.
- Ranuras con diferentes diámetros dentro de los compartimentos para sujetar las botellas.
- Despachador de líquidos.
- Uso de plásticos adheribles para el sellado herméticos de las puertas.
- Enfriamiento rápido.

Las patentes analizadas corresponden en su mayoría a registros realizados en Estados Unidos, Europa y otras en China. Estas regiones son las que más patentes registran. Para el caso de las patentes registradas en México, ninguna coincide con las especificaciones y metas del proyecto (por lo que no se consideraron relevantes), por ello es posible realizar la propuesta y patentarla en primera instancia dentro del país.

## **1.8 Organización de la tesis.**

La tesis está organizada por capítulos, los cuales hacen referencia al contenido que se puede encontrar dentro de ellos, por lo que el trabajo queda organizado de la siguiente manera:

### **Capítulo 1. Generalidades.**

En este capítulo se expresa el posicionamiento de la tesis, la razón por la cual es de importancia realizar el proyecto, los objetivos a lograr, la metodología a seguir y la propuesta de solución.

### **Capítulo 2. Marco referencial.**

En este apartado se describen las herramientas, técnicas y materiales necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la tesis. El capítulo se iniciará con un contexto histórico, con la finalidad de introducir a los lectores hacia la temática de los sistemas de refrigeración, ya que es una parte fundamental del proyecto.

### **Capítulo 3. Rediseño del prototipo.**

En este capítulo se describe el proceso del rediseño del prototipo, en el cual, se aplican las herramientas FAST, TRIZ, QFD, CAD y el software CREAX. A partir de la ejecución de estas herramientas, se crea el diseño del refrigerador, evaluando pros y contras de las funciones y dando resolución a problemas inventiva que surjan. Por otro lado, se muestra gráficamente el sistema, a través del CAD.

## **Capítulo 4. Construcción y pruebas de funcionamiento del prototipo.**

En este apartado, se explica la construcción física (real) del prototipo, a partir del rediseño desarrollado previamente. Para ello se utilizan los materiales descritos en capítulos anteriores para darle forma al refrigerador. Las propiedades particulares de cada materia serán las encargadas de realizar las funciones de enfriamiento (operativas) del sistema. Por otro lado se describen las pruebas de funcionamiento realizadas al prototipo

### **Resultados y conclusiones.**

En este último apartado se detallan los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento realizadas al prototipo, para por último, concluir si este cumple correctamente con las especificaciones que se pretende que el sistema tenga y que no presente falla alguna.

### **1.9 Posicionamiento de la tesis.**

La tesis por su temática su posiciona dentro de la línea de investigación dos: Innovación y Administración del capital intelectual, de la maestría en ingeniería administrativa, ya que los puntos que se abordan se relacionan con la gestión de la innovación, esto por ser un nuevo producto el que se propone desarrollar.

## CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.

### 2.1 Marco histórico.

#### 2.1.1 Los métodos de conservación de alimentos a través del tiempo.

Anteriormente el hombre no poseía de tecnología alguna para conservar sus alimentos en buen estado por más tiempo, por lo que recurrían a distintas técnicas para preservar el aspecto natural de las provisiones que obtenían. Dentro de estos métodos se encuentra la sal, el vinagre, el sol, hielo, miel, azúcares, entre otros (Aguilar, 2012); estos tipos de conservadores se utilizaban desde las civilizaciones antiguas, no obstante, es común que se sigan utilizando alguna de estas técnicas en la actualidad.

El hombre primitivo consumía sus alimentos de manera natural, y posteriormente, comenzó a cocinarlos. Cuando el hombre pasó del nomadismo al sedentarismo, fue obteniendo de manera empírica el conocimiento necesario para poder preservar por más tiempo los alimentos que cultivaban y cazaban. Según Juliarena & Gratton (2009), los métodos de conservación antiguos se fueron perfeccionado cuando comenzó la agricultura.

La demanda de alimentos creció a un ritmo acelerado al pasar los años, por lo que la necesidad de contar con un sistema que almacenara y conservara los alimentos en buen estado por largos periodos de tiempo se volvió indispensable. De esta manera se comenzaron a desarrollar los primeros compartimentos dedicados exclusivamente a la preservación de productos perecederos.

La siguiente tabla (tabla 2.1), muestra los métodos que se utilizaban en la antigüedad, con la finalidad de mantener los alimentos en el mejor estado de conservación posible para su consumo posterior:

Tabla 2.1: Métodos de conservación de alimentos a través del tiempo. Fuente: Juliarena & Gratton (2009).

<b>Periodo/Región/Civilización.</b>	<b>Método de conservación utilizado.</b>
Era primitiva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sal (cloruro de sodio).</li> <li>• Hielo.</li> <li>• Sol.</li> </ul>
Antiguo Egipto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites.</li> <li>• Vinagre y sus derivados.</li> <li>• Miel.</li> </ul>
Persas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Azúcares.</li> </ul>
Griegos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grajeado de frutas y vegetales.</li> </ul>
Roma antigua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido de azufre (SO<sub>2</sub>) al vino.</li> </ul>
Antes del Siglo XV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso del adobo.</li> </ul>
Siglo XVIII.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Borax (borato de sodio).</li> </ul>
Siglo XIX.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de sulfitos en carne.</li> <li>• Pasteurización.</li> <li>• Papel de ácidos orgánicos.</li> </ul>
Siglo XX.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congelación y refrigeración.</li> <li>• Conservadores químicos.</li> <li>• Irradiación.</li> <li>• Liofilización.</li> <li>• Envasado aséptico.</li> </ul>

Los elementos listados en la tabla anterior, son solo algunos ejemplos de los métodos de conservación que se utilizaban en los distintos periodos de tiempo que ha vivido la humanidad; sin embargo, el que en la actualidad es más común, y que se encuentra en la mayoría de los hogares, es el método de congelación y refrigeración (mediante los sistemas de refrigeración llamados refrigeradores).

### **2.1.2 Uso del frio como método de conservación de alimentos, productos perecederos y regulador de temperatura.**

Como se menciona anteriormente, el frio ha sido uno de los métodos que el hombre ha venido utilizando desde hace tiempo, como una forma de mantener los productos perecederos en un buen estado de conservación, sin embargo, el uso que se le ha dado, depende de la época. Por ejemplo: en la época primitiva se usaba el hielo común. Esta técnica de preservación se extendió por las distintas épocas, además de que se usaba como complemento para realizar platillos fríos. El uso del frio como mecanismo de conservación y regulación de temperatura, ha pasado por diversas formas de aplicación, hasta llegar a los sistemas de refrigeración actuales (refrigeradores o aire acondicionado). La tabla 2.2 a continuación, muestra de manera breve como ha ido evolucionando el uso del frio como técnica de refrigerante.

Tabla 2.2: Datos históricos del uso del frio como técnica de conservación y regulación de temperatura. Fuente: Córdova (2009).

<b>Era/año.</b>	<b>Aporte.</b>
Mesopotamia (2000 A.C.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de bodegas y fosas profundas para almacenar hielo de ríos y nieve, en conjunto con los alimentos.</li> <li>• Enfriamiento por evaporación de líquidos.</li> </ul>
China (1006 A.C).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento en fosas de hielo cortado en bloques, cubierto de</li> </ul>

	paja para evitar pérdidas de frío.
China (618 A.C).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de mezcla de hielo con leche, para evitar descomposición.</li> </ul>
Macedonia (330 A.C).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entierro de ánforas con hielo y frutas para su conservación y, posteriormente, su degustación.</li> </ul>
1775.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• William Cullen logró hacer hielo con vapor de agua en una campana de vidrio vacío.</li> </ul>
1824.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicolas Leonard Carnot establece la termodinámica, la cual es la base para los sistemas de refrigeración.</li> </ul>
1834	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jacob Perkins desarrolla la primera máquina de compresión de vapor, cargada con éter elementos de un sistema de refrigeración actual: compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión.</li> </ul>
1851.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• John Gorrie patentó un sistema pequeño de producción de hielo, el cual utilizaba el aire comprimido en presencia de agua.</li> </ul>
1852.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• William Thomson (Lord Kelvin) desarrollo el principio de la refrigeración. Así mismo, desarrolló un circuito frigorífico hermético, cuya base es la absorción del calor mediante un gas refrigerante.</li> </ul>
1902	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willis Carrier crea el aire acondicionado, el cual sería patentado cuatro años después.</li> </ul>

En la tabla anterior es posible observar, como ha ido evolucionando el uso de la refrigeración a través del tiempo, ya sea como método de conservación o como regulador de temperatura, sin embargo, para el caso que ocupa, es más importante el aspecto del uso de los sistemas de refrigeración (refrigeradores) para la preservación de productos perecederos, ya que es en lo que se enfoca el presente trabajo.

A continuación, se describen las herramientas y materiales que se utilizarán en el diseño y construcción del sistema de refrigeración, dado que esa es la finalidad del proyecto. Por lo tanto es conveniente conocer a detalle, los elementos que facilitarán el logro de los objetivos planteados anteriormente.

## **2.2 Marco teórico.**

### **2.2.1 Sistema de refrigeración.**

Para entender mejor acerca del tema, es necesario conocer que son los sistemas de refrigeración, ya que un refrigerador es considerado uno de estos. Según Dossat (2001) los llamados sistemas de refrigeración, sistemas frigoríficos o máquina frigorífica, son arreglos mecánicos, los cuales hacen uso de la termodinámica de la materia para transportar energía térmica (por lo general calor) entre dos o más puntos.

Por otro lado Aguirre (2017) menciona que una máquina frigorífica es aquella cuya función es la de extraer calor de un recinto o espacio, en otras palabras, son aquellas máquinas que eliminan el calor de un área específica a través de la extracción, de esta manera genera frío en dicha área, ya que el frío no es más que la ausencia de calor.

Los sistemas frigoríficos como los refrigeradores, están principalmente diseñados para disminuir la temperatura de productos, los cuales se almacenan por los regular en cámaras o compartimientos. En estos espacios puede haber tanto alimentos como algún otro producto que necesite ser conservado a baja temperatura.

### **2.2.1.1 Refrigeración.**

Se entiende como refrigeración al proceso que por el cual, se disminuye la temperatura dentro de un área determinada, manteniendo por lo general una temperatura constante; esto con la finalidad de, por ejemplo: preservar algunas sustancias y productos o conseguir un ambiente agradable (Guanipa, 2010).

### **2.2.1.2 Circuito de refrigeración.**

Un circuito de refrigeración es un arreglo o conexión de los diferentes componentes del sistema de refrigeración, cuya finalidad es la de hacer circular el refrigerante dentro del área que se quiera disminuir la temperatura (Dossat, 2001). Sin embargo, la forma del circuito, depende de la aplicación que se le vaya a dar al sistema.

Según Aguirre (2017) en los circuitos frigoríficos convencionales, se utiliza un agente térmico, por ejemplo: gases licuados a base de presión, los cuales en estado líquido se encuentran a temperaturas por debajo de los 0°C. Estos gases son liberados por medio de una válvula dentro del área que se desea enfriar desde un tanque contenedor de forma controlada, casi siempre por un termostato mecánico el cual controla la liberación de frío a través de la activación o desactivación del caudal del gas liberado al interior, el gas se recicla para poder ser utilizado nuevamente. En la siguiente figura (2.1) se muestra un circuito de refrigeración correspondiente a un refrigerado común.

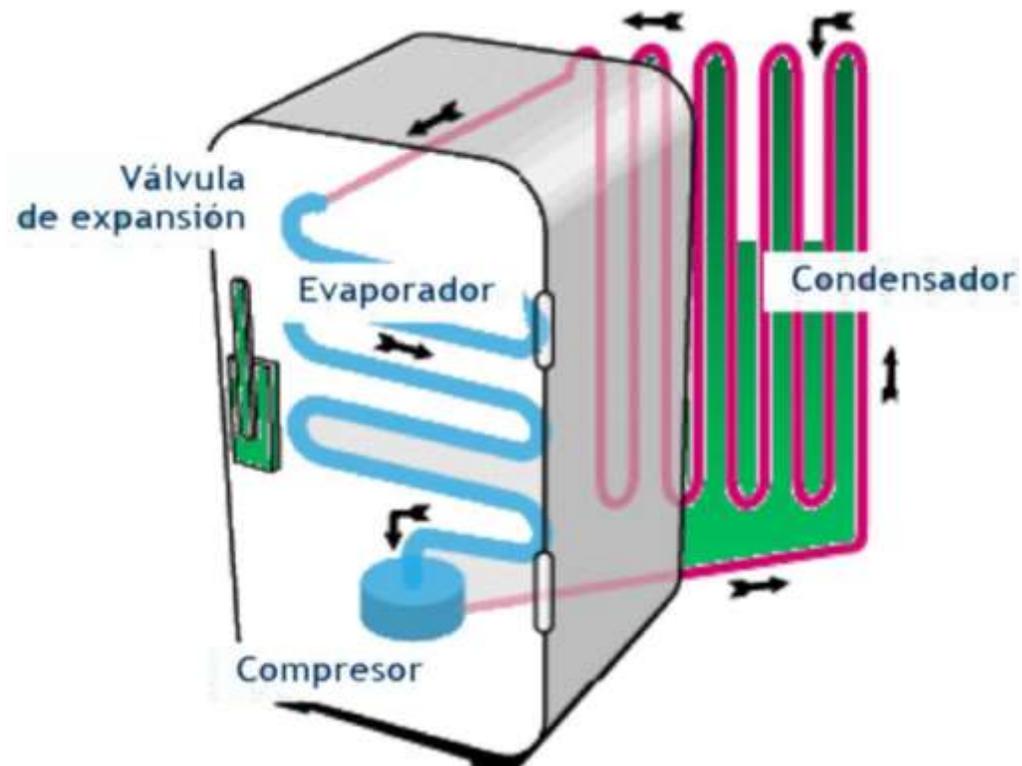


Figura 2.1: Circuito de refrigeración de un refrigerador. Fuente: Aguirre (2017).

### 2.2.2 Herramientas para el diseño del refrigerador/cava.

Para diseñar productos que pretenden ser comercializados, existen herramientas que hacen más sencilla la tarea de plasmar el concepto a desarrollar, previo a su puesta en marcha. Así mismo, existen diferentes técnicas que permiten gestionar las ideas para poder ponerlas en práctica.

A continuación, se describen algunas de las herramientas que se utilizarán para realizar el diseño del refrigerador (tipo cava) que se propone.

### 2.2.2.1 Análisis Funcional

Este análisis establece que las funciones realizadas por un producto son lo esencial y no la manera en la que son ejecutadas. Se puede decir que el análisis de valor es el aspecto que garantiza la congruencia entre funciones y necesidades. (AFAV, 2009) menciona que el análisis funcional atiende las necesidades establecidas tácitamente o explícitamente de un cliente mediante un grupo de funciones que potencian la calidad del producto y que disminuyen su costo.

El análisis permite desechar las características que no sean necesarias en un sistema, sin embargo, también permite resaltar aquellas que son indispensables. La herramienta según (Ortega, 2015), es de gran utilidad durante la modificación de productos que existen en el mercado, así como también, en el desarrollo de nuevos productos. Cabe destacar que existen otras herramientas para realizar lo antes mencionado, sin embargo, el análisis funcional es un proceso relativamente sencillo.

Una función es una acción ejecutada por un producto, componente o proceso que se establece como un objetivo que tiene que ser alcanzado (Cruz, 2017). La norma AFNOR X50-151 (AFAV, 2009) establece que una función es la acción de un producto o de alguna de sus partes expresada exclusivamente en términos de su finalidad.

Las funciones de los productos pueden lograr satisfacer más de un objetivo, ya que la mayoría de productos tiene más de una función. Debido a esto las funciones se clasifican de la siguiente manera:

- Funciones de servicio: establecen la acción de un producto que responde a los requerimientos de un usuario.
- Naturaleza de la función: se fraccionan en funciones de uso que describen la utilidad material de un producto y características que establecen la relación entre usuario y producto.
- Importancia de la función: se distinguen tres tipos:
  - Funciones principales: representan el motivo o la sinergia que construye la razón de ser del producto.

- Funciones restrictivas: limitan la libertad del diseñador en cuanto a los requerimientos exigidos por el mercado, legislación u otro elemento que influya en el diseño.
- Funciones complementarias: son las que mejoran o completan el servicio ofrecido en un producto.
- Funciones técnicas: son las operaciones internas del producto y dependen de la concepción y de las soluciones tecnológicas seleccionadas para realizar las funciones de servicio. Según Ortiz, Peña, Cortes & Huerta (2009) citados por Cruz Mendoza (2017), las funciones técnicas se pueden dividir, en principales y de soporte.

#### **2.2.2.2 QFD (Quality Function Deployment).**

El despliegue de funciones de calidad (QFD, por sus siglas en inglés), es una herramienta que brinda mecanismos concretos para garantizar la calidad, en cada fase del proceso que conlleva desarrollar un producto, iniciando por el diseño; en otras palabras, es una metodología que tiene la finalidad satisfacer al consumidor a través del desarrollo de la calidad en el diseño (Akao, 1993).

Para Ruíz (2009) el QFD es una herramienta de planificación que desarrolla una metodología sistemática que permite transmitir las características que deben poseer los productos a través de todo el proceso de desarrollo.

Por otro lado el Dr. Shigeru Mizuno citado por Cruz Mendoza (2017) define el QFD como el despliegue detallado de las operaciones y funciones que integran sistemáticamente la calidad, con procedimientos objetivos.

Los pasos que se deben seguir para poder realizar el despliegue de funciones de calidad se mencionan a continuación (Akao, 1993):

- Investigar las demandas de calidad potenciales de los consumidores en el mercado. De esta manera se podrá decidir qué actividades realizar.

- Estudiar otras características importantes del mercado y realizar un gráfico de despliegue de funciones de calidad que exponga las demandas y características del mercado.
- Realizar un análisis de los productos de la competencia en el mercado; dicho análisis recibe el nombre de análisis competitivo.
- Definir el grado de importancia de la calidad demandada (hacer esto por cada nivel de calidad).
- Listar los elementos de calidad y preparar un gráfico de despliegue de elementos de calidad.
- Preparar un gráfico de calidad combinando el grafico de despliegue de calidad demandada y el grafico de despliegue de elementos de calidad.
- Realizar un análisis de productos de la competencia, con la finalidad de observar lo que hacen otras compañías, en cuanto a los elementos de calidad se refiere.
- Analizar las quejas del cliente.
- Definir los elementos de calidad más importantes indicados por las quejas y demandas de calidad de los consumidores.
- Definir la calidad de diseño específica a través del estudio de las características de la calidad y transformarlas en elementos de calidad,
- Determinar el método de aseguramiento de la calidad y los métodos de test.

#### **2.2.2.2.1 Matriz QFD.**

Una herramienta en donde se aplica el QFD para poder realizar el análisis de calidad de un producto, es la “matriz QFD” o “casa de la calidad”. Es llamada así, debido a que el grafico que se realiza tiene forma de casa (Hauser, 1993). En este diagrama se relacionan las necesidades o requerimientos de los clientes (que algunos abrevian como RC), con las particularidades técnicas (CT) necesarias para satisfacerlas (Yacuzzi & Martín, 2012); en otras palabras, en la casa de calidad se describen ¿Qué desean los clientes? y ¿Cómo se puede satisfacer ese deseo?

Con el desarrollo de la matriz QFD es posible determinar de manera matemática que características se deben incluir al momento de diseñar un producto o servicio y por otro

lado, que características no son necesarias y que solo generan un sobrecoste al producto si que esta sea valorada por el cliente. Así mismo, brinda un panorama general acerca de cómo se encuentra el producto frente a la competencia; esto permite determinar cuáles son los principales aspectos que se tienen que mejorar.

La figura 2.2 muestra cómo está compuesta una matriz QFD, en donde es posible observar cada una de las secciones y puntos que se tienen que considerar al momento de realizarla:



Figura 2.2: Matriz QDF. Fuente: Ruíz (2009).

La metodología de la matriz del QFD aporta el mecanismo de trasladar los *que* (deseos o necesidades del cliente) en *como* (satisfacer esas necesidades) y su valoración relativa. Como muestra la figura anterior, se tienen los que y los como dentro de la matriz, así como también los demás puntos que se consideran al momento de establecer el diagrama o matriz QFD.

Según Altamira (2012), una forma en la que es más sencillo realizar el QFD es siguiendo los siguientes puntos:

- Listar los ¿Qué?
- Analizar los ¿Qué?
- Listar los ¿Cómo?
- Relación existente en los ¿Cómo?
- Relación existente entre los ¿Qué? y los ¿Cómo?
- Analizar los ¿Cómo?

### **2.2.2.3 CAI (Computer Aid Innovation).**

La innovación asistida por computadora (CAI) es un dominio saliente en la tecnología asistida por computadora. Según Cruz (2017) esta herramienta ha ido expandiéndose debido a una mayor demanda de la industria para la confiabilidad en nuevos productos.

Las ideas y conceptos principales del CAI se enfocan en ayudar a los diseñadores de productos en la primera etapa del proceso de diseño, agregando una visión conjunta que integre sistemas CAI, siendo el punto de inicio el detectar oportunidades de negocio y demandas de los clientes, con la finalidad de continuar en la etapa creativa del desarrollo de invenciones y, más adelante, la prestación de ayuda a tal grado de transformar las invenciones en innovaciones exitosas en el mercado.

CAI toma como fuente de inspiración, las teorías de la innovación, como las que se mencionan a continuación:

- QFD (despliegue de la función de calidad).
- Synetics.
- Teoría general de innovación.
- Pensamiento lateral.
- TRIZ (teoría de resolución de problemas inventivos).
- Diseño axiomático.
- Mapas mentales.
- Lluvia de ideas.

- Kansei engineering.

León (2009) menciona que el objetivo de CAI es el dar soporte a los innovadores, inventores, diseñadores, gerentes y desarrolladores de procesos o productos en su desempeño creativo, con la finalidad de deshacer paradigmas mediante esta novedosa tecnología.

#### **2.2.2.3.1 Categorización de CAI.**

Los sistemas CAI pueden ser utilizados tanto en las aplicaciones simples o sencillas, como en las actividades específicas del proceso de innovación. Es por esto que el software de CAI puede categorizarse de la siguiente manera (Hüsigg & Kohn, 2011):

- Administración estratégica: ayuda a los innovadores a manejar estratégicamente los materiales y situaciones que se presenten.
- Administración de la idea: permite tratar las partes iniciales del proceso de innovación que no son muy claras, desde la generación de ideas hasta su desarrollo y evolución.
- Administración de la patente: puede ser utilizada para salvaguardar invenciones, así como también, para buscar y analizar patentes.

#### **2.2.2.3.2 Beneficios de CAI.**

Dentro de las industrias como en las instituciones, es cada vez más frecuente encontrar sistemas CAI. Esta tendencia no sería posible, a menos que se esperara las ventajas significativas de su uso. No obstante, las ventajas que ofrecen los sistemas CAI pueden enlazarse a los incrementos considerados (previamente) en la productividad, velocidad, disminución de costos y la innovación interna estimulante. De esta manera, los beneficios más sobresalientes son los siguientes:

- Administración de la obtención y conocimiento necesario para el desarrollo de productos y procesos. Esto exalta la capacidad del sistema con menos esfuerzo debido a que el conocimiento es actualizado con frecuencia y la transferencia es permanentemente.
- Herramientas delicadas para el uso del proceso de innovación como IT-software y programas de hojas de cálculo.
- Procesos más eficientes de innovación debido a los nuevos métodos para realizar el almacenamiento y reutilización del conocimiento relevante.

#### **2.2.2.4 CAD (Computer Aided Design).**

El diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés), es una herramienta cuya principal función es la de desarrollar tecnología computacional para elaborar un producto. Según Cruz (2017) el CAD hace más sencilla la fabricación, ya que da con mucho detalle, los planos de los materiales, tolerancias, procesos y dimensiones del producto; esta herramienta es muy útil debido a que puede generar esquemas en 2D y 3D, los cuales pueden ser vistos desde diferentes perspectivas y ángulos ya que el mismo software permite su rotación, esto hace más sencilla la tarea de decidir si el diseño del producto es el adecuado o no. De manera concreta, el CAD da soporte a la creación, modificación y mejoramiento de un diseño.

Los objetivos que se pueden alcanzar haciendo uso del CAD son los siguientes:

- Mejorar la calidad del diseño.
- Mejorar la comunicación mediante la comunicación.
- Crear una base de datos para la producción.
- Aumentar la productividad del ingeniero.

La herramienta CAD es una de las más utilizadas por los ingenieros y los diseñadores, sin embargo, la forma en la que sea usada depende del usuario y del tipo de software. La mayoría de las aplicaciones CAD son operados con frecuencia como módulos anexados al sistema o como productos independientes como lo son los que se mencionan a continuación:

- Innovación Asistida por Computadora (Computer Aided Innovation).
- Gestión de documentos y control de revisiones mediante la Administración de Datos del Producto PDM (Product Data Management).
- Manufactura Asistida por Computadora CAM (Computer Aided Manufacturing).
- Ingeniería Asistida por computadora (Computer Aided Engineering).

En la actualidad se pueden encontrar una gran cantidad de aplicaciones que dan soporte a los diseñadores y desarrolladores en el proceso del desempeño creativo de forma más sencilla y amigable. Sin embargo, se hará mención a la herramienta Innovation Suite de CREAX, dado que será la opción más viable en la cual realizar el diseño del refrigerador.

#### **2.2.2.5 Innovation Suite CREAX**

Innovation Suite CREAX es una herramienta que ayuda en cada etapa del proceso de innovación (Ortega, 2015). CREAX contiene herramientas que sirven como iniciador muy efectivo de la creatividad humana durante el proceso de reciprocidad de ideas y resolución de problemas; sin embargo, CREAX no sustituye en lo más mínimos la creatividad personal. El software de CREAX incluye una matriz de contradicción que permite sugerir de manera automática los principios de la invención más notables. Las herramientas de TRIZ están bien aplicadas a las distintas funciones del software. Por otro lado, también incluye otras herramientas de definición de problemas, pudiendo ser estas las siguientes (“CREAX”, 2013):

- Recursos.
- Modelo del sistema.
- S-campos.
- Idealidad.
- Tendencias de evolución.
- Restricciones.
- Principios inventivos.
- Herramientas eficaces como planteamiento del problema.
- Redefinición.
- Contradicciones.
- Herramienta de selección.

Sin importar el tipo de industria del que parte y al que va dirigido CREAX Innovation Suite, permite que sea utilizado por cualquier tipo de usuario, debido a la forma en la que esa diseñado. De esto se tienen los siguientes ejemplos:

- Instituciones y universidades de investigación.
- La alta gerencia puede utilizar la suite para tomar mejores decisiones de una manera más rápida.
- El departamento de desarrollo de un producto y de unidades de generación de I+D (investigación y desarrollo).
- Estudiantes e investigadores de la creatividad.

Algunas de las ventajas de utilizar la Innovation Suite de CREAX son las siguientes:

- Permite acelerar el tiempo del proceso del desarrollo de un nuevo proceso.
- Se fundamenta en el estudio de los principios físicos de una gran cantidad de patentes en varias áreas del mundo.
- Aumenta la posibilidad de desarrollar un producto con mayor capacidad de aceptación y generación de valor.
- Potencializa la creatividad técnica ya que utiliza herramientas basadas en el conocimiento y permite crear un mayor número de soluciones técnicamente factibles en un menor tiempo.

#### **2.2.2.6 TRIZ (Teoría de Resolución de Problemas Inventivos).**

La *Teorija Rezhenija Izobretatel'stich Zadach* (TRIZ, por sus siglas en ruso) o Teoría de Resolución de Problemas Inventivos, es una teoría desarrollada en la antigua Unión Soviética , durante los años 40 por Genrich Saulovich Altshuller. Este personaje, trataba de identificar ciertos principios para guiar sus actividades como inventor. Así mismo, Altshuller tenía interés en disminuir el tiempo en el que se concebía una invención y en desarrollar un proceso bien estructurado, adaptable y reutilizable para dirigir la resolución de un problema (Altshuller & Altov, 1996). Con esto el autor dividió su teoría en los cuatro fundamentos siguientes:

- Un amplio análisis de la literatura.
- Un gran análisis de las bases de patentes internacionales.
- Un estudio acerca del comportamiento psicológico de los inventores.
- Un estudio sobre los métodos existentes de resolución de problemas.

Según Zlotin & Zusman (1999) el análisis de los cuatro fundamentos anteriores, llevó la formalización de los principios esenciales de TRIZ, a la elaboración de un grupo de herramientas basadas en el conocimiento capaces de guiar la resolución de problemas complejos y la detección de un conjunto de tendencias genéricas para explicar la transformación de cualquier sistema técnico.

Las herramientas de TRIZ dan la posibilidad de acceder a un grupo de mejores prácticas, soluciones y estrategias de resolución de problemas inventivos cuyo nivel de creatividad es considerablemente alto. Los conceptos esenciales de TRIZ en coordinación con su variado y equilibrado repertorio de herramientas, permite definir el espacio de la solución de un problema y de esta manera, generar de forma eficaz y casi sistemática una solución (Rantanen & Ellen, 2008 citados por Ortega, 2015).

Las principales áreas donde se puede aplicar TRIZ son las siguientes:

- Predicción de la evolución de un producto o tecnología.
- Disminución de la etapa de investigación y desarrollo de nuevos productos.
- Detección y tratamiento de las fallas de productos industriales.
- Solvencia de problemas inventivos o de problemas técnicos complejos.

#### 2.2.2.6.1 Filosofía de TRIZ.

TRIZ se basa en cuatro filosofías, las cuales se describen a continuación:

- **Tendencias de evolución de los sistemas técnicos.** Los sistemas técnicos evolucionan siguiendo pautas o tendencias ya definidas, sin importar el dominio al que pertenezcan. Es posible estudiar y utilizar estas tendencias, para poder aumentar la eficiencia del proceso de resolución de un problema y por otro lado, visualizar el futuro desarrollo de cualquier sistema técnico.

- **Eliminación de conflictos.** Al igual que los sistemas sociales y biológicos, los sistemas técnicos, evolucionan debido a la supresión de diversos conflictos. El agrupamiento de estos principios de supresión de conflictos, es general para todas las áreas de la ingeniería.
- **Existencia de contradicciones.** Generalmente todos los problemas de inventiva tienen una contradicción. Hallar la solución inventiva para un problema, significa solventar el conflicto contemplando un criterio básico: la negociación o compromiso es inadmisibles.
- **Uso de conocimiento ajeno al investigador.** En determinadas ocasiones es necesario hacer uso del conocimiento externo, es decir, ajeno a la experiencia del investigador, con la finalidad de encontrar la solución inventiva. Para poder organizar y dirigir la búsqueda del conocimiento adecuado, se deben de utilizar varios índices relacionados a estos conocimientos.

#### 2.2.6.2 Contradicciones.

Alsthuller (1999) en su estudio propuso lo siguiente en cuanto a las invenciones y a las contradicciones se refiere: “Desde el punto de vista de la ingeniería, una invención manifiesta siempre la superación parcial o completa de una contradicción. Básicamente, la detección, formalización y la supresión de una contradicción es el proceso más eficaz para crear, sin embargo, esta no es la única manera.

Desde el panorama que maneja TRIZ, una contradicción surge cuando se intenta mejorar un parámetro de un sistema, esto causa la degradación inaceptable de otro parámetro también útil y viceversa (Cortés, 2010). Las contradicciones más importantes para el desarrollo de TRIZ, son las contradicciones físicas y técnicas.

### 2.2.6.3 Contradicción física.

Las contradicciones técnicas demandan la existencia de dos estados mutuamente excluyentes, correspondientes a una función o componente del sistema. Esta clase de contradicciones son resueltas utilizando el principio de separación.

Por lo general, las contradicciones físicas se presentan bajo las siguientes circunstancias:

- Demandan el cumplimiento de una función para ser operacional o para alcanzar un resultado necesario y a la vez, requiere que esta función no se cumpla con la finalidad de evitar un efecto nefasto.
- Atribuyen un valor a un parámetro, para lograr un cierto resultado. No obstante, esta particularidad debe de tener un valor contrario para prevenir una acción negativa, efecto indeseable o asegurar otra función.
- Demandan la presencia de un elemento para lograr un cierto resultado y al mismo tiempo, su ausencia con la finalidad de evitar efectos negativos u otro resultado positivo (Torres, 2014).

### 2.2.6.3 Contradicción técnica.

Las contradicciones técnicas son una clase de contradicción que busca la mejora de un parámetro o particularidad útil del sistema; este induce la degradación de otro parámetro o particularidad, la cual también es útil y viceversa. Por lo general, estas contradicciones son resueltas a través de la Matriz de Resolución de Contradicciones Técnicas (MRC). Esta clase de contradicciones se generan la siguiente manera:

- Se crea o intensifica la función útil en un subsistema; esto genera una nueva función nefasta o la intensificación de una función nociva existente en otro subsistema
- Al suprimir o reducir una función nefasta en un subsistema; esto provoca la degradación de una función útil en otro subsistema.
- La intensificación de la función útil o la disminución de la función nefasta de un subsistema, genera una dificultad inaceptable en otro subsistema, o incluso en el sistema entero.

#### **2.2.6.4 Recursos.**

Para TRIZ, el concepto de recursos se define como aquel elemento disponible un sistema o en el espacio que lo rodea, por lo general es estado inactivo y capaz de generar una acción útil sin costo extra o a un costo mínimo. Es así, que TRIZ establece que todo sistema en vía de evolución tiene a su alcance ciertos medios que pueden ser encauzados al mejoramiento del desempeño global de ese sistema.

Es posible generar nuevas ideas detectando y empleando los recursos, estos pueden resolver contradicciones y tienen la capacidad de dirigir la evolución de un producto, tecnología o proceso. Los recursos se encuentran clasificados según su tipo, pudiendo ser los siguientes:

- Sustancias.
- Campos energéticos.
- Espacio.
- Tiempo.
- Información.
- Recursos funcionales.

#### **2.2.2.6.5 Matriz de contradicción.**

Para poder evitar un choque de ideas, funciones, actividades, componentes, entre otros aspectos al momento de desarrollar un nuevo producto o servicio, TRIZ maneja una matriz en la que se describen las implicaciones o efectos (negativos o positivos) que tendría, por ejemplo, una función con respecto a otra.

Córdova (2008) menciona que una contradicción técnica tiene lugar cuando al mejorar la característica “X” de un sistema, causa que la característica “Y” se dañe. Este tipo de contradicción entre los elementos de un sistema puede ser denominada como conflicto entre componentes. Por lo general no es posible resolver esta clase de problemática de forma directa, para esto, es necesario utilizar la matriz de contradicciones de TRIZ. La figura 2.3 a continuación, muestra una matriz de contradicciones:

**PARÁMETRO QUE EMPEORA**

<b>PARÁMETRO QUE MEJORA</b>	Características que empeoran al cumplir el objetivo	1. Peso de objeto móvil	...	3. Longitud del objeto móvil	...	38. Grado de automatización	39. Productividad
	Características que mejoran al cumplir el objetivo	1		3		38	39
	1. Peso de objeto móvil	+		15, 8, 29, 34		26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
	...						
	35. Adaptabilidad o flexibilidad	1, 6, 15, 8		<b>35, 1, 29, 2</b>		27, 34, 35	35, 28, 6, 37
	38. Grado de automatización	28, 26, 18, 35		14, 13, 17, 28		+	5, 12, 35, 26
	...						
	39. Productividad	35, 26, 24, 37		18, 4, 28, 38		5, 12, 35, 26	+

Principios de inventiva

Figura 2.3: Matriz de contradicción con principio de inventiva de TRIZ. Córdova (2008).

La figura anterior muestra la matriz de contradicciones, en la cual es posible observar algunos de los principios de inventiva que maneja TRIZ. Estos principios por lo general son 40 y corresponden al resumen de las soluciones estándares del estudio de patentes que existen en el mundo, es así, que cada uno de los principios ha sido utilizado con la finalidad de hallar una solución factible. En la tabla 2.2 a continuación, se describen los 40 principios de inventiva.

Tabla 2.3: Principios de inventiva de TRIZ. Fuente: Ideation International (1999), citado por Córdova (2008).

1	Segmentación	21	Pasar rápidamente
2	Extracción	22	Convertir lo negativo en positivo
3	Calidad local	23	Retroalimentación
4	Asimetría	24	Mediador
5	Combinar	25	Autoservicio
6	Universalidad	26	Copiar
7	Anidación	27	Objetos baratos o de corta vida
8	Contrapeso	28	Sustitución sistemas mecánicos
9	Reacción preliminar	29	Neumática e hidráulica
10	Acción preliminar	30	Membranas delgadas
11	Precaución previa	31	Materiales porosos
12	Equipotencialidad	32	Cambios de color
13	Inversión	33	Homogeneidad
14	Esferidad o curvatura	34	Restauración y regeneración de partes
15	Dinámica	35	Transformación del estado físico y químico de un objeto.
16	Acciones parciales	36	Transiciones de fase
17	Otra dimensión	37	Expansión térmica
18	Vibraciones mecánicas	38	Oxidantes fuertes
19	Acción periódica	39	Atmósferas inertes
20	Continuidad acción útil	40	Materiales compuestos

Los principios de la tabla anterior aplicados en la matriz de contradicción, permite resolver problemas de contradicción entre distintos elementos de un sistema. De esta manera, encontrar la solución a los problemas de inventiva durante el desarrollo de nuevos productos y servicios, se hace más sencilla.

### **2.2.2.7 Analytic Hierarchy Process (AHP).**

Dentro de las organizaciones es común observar la ejecución del proceso de toma de decisiones, ya que estos organismos se enfrentan día a día a diferentes situaciones o problemas que requieren que se elijan buenas decisiones, puesto que de ellas depende la correcta operación de los procesos y funcionamiento de las empresas.

La mayoría de las organizaciones en algún momento de su vida se han encontrado en situaciones en la que han tenido que tomar decisiones, sin embargo, muchas de las veces el tomar decisiones conlleva a considerar diferentes criterios, los cuales pueden afectar positiva o negativamente a las empresas. El tener que considerar diferentes criterios al momento de tomar decisiones hace que este proceso sea más lento y tardado. En la actualidad existen herramientas que hacen más ágil la toma de decisiones multicriterio; una de estas herramientas es el *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

El AHP es una herramienta que permite evaluar alternativas de forma matemática, para facilitar la toma de decisiones en las que están presentes diferentes criterios, los cuales se jerarquizan para elegir la opción más viable (Osorio Gómez & Orejuela Cabrera, 2008). Por otro lado (Gómez, Zuluaga, & Vásquez, 2015) describen al AHP como un método lógico y ordenado que mejora la toma de decisiones complejas, a través de la fragmentación del problema discreto en una estructura jerárquica. Esto permite dividir una característica compleja en un conjunto de características más sencillas y establecer como estas influyen en el objetivo de la decisión.

Según (Osorio Gómez & Orejuela Cabrera, 2008) el método AHP va más allá de solo ser una metodología para situaciones de elección y la mejor forma de comprender la técnica a través de la descripción de sus tres funciones básicas, las cuales también pueden ser consideradas como etapas, estas son:

- Estructuración de complejidad o modelización.
- Medir aplicando una escala o valoración.
- Priorización y síntesis

Tabla 2.4: Escalas de comparación de Saaty utilizadas en el AHP. Fuente: Osorio Gómez & Orejuela Cabrera (2008)

Escala	Definición	Explicación
1		Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

En la primera fase del AHP, se crea un modelo o estructura en la que queden establecidos todos los aspectos considerados valiosos en el proceso de resolución. En la formulación inicial, el modelo supone cuatro axiomas (correspondencia, igualdad, jerarquías y sistemas con dependencias y expectativas) los cuales usa como base para modelar el problema de forma jerárquica.

En la segunda fase del modelo, se agregan las preferencias, gustos y deseos de los clientes a través de los juicios incluidos en las llamadas matrices de comparación pareadas. Para el llenado de la matriz, se utilizan las escalas descritas en la tabla anterior (2.4).

La última fase del modelo AHP, proporciona las diferentes prioridades que se toman en cuenta en la resolución del problema, las cuales son: prioridades locales, globales y locales.

### 2.2.2.8 Análisis o atributos KANO.

El análisis Kano es una herramienta de gestión de la calidad que facilita la toma de decisiones de mercadotecnia, es específico la ligadas al desarrollo de productos y servicios. Según Yacuzzi & Martín (2002) este análisis cataloga los requerimientos del cliente en tres clases:

- *Atractivo*: cuando el cliente valora al producto o servicio cuando está presente, pero no nota su ausencia, entonces estos son atractivos.
- *Unidimensional*: si provoca la satisfacción del cliente de forma aproximadamente lineal con el aumento de la funcionalidad, es unidimensional.
- *Obligatorio*: cuando la ausencia de un requerimiento del cliente provoca insatisfacción, aunque su presencia se da por sentada y no tenga valor alguno, se dice que es obligatorio.

El modelo Kano analiza los deseos del cliente. Este diferencia cinco niveles de calidad, los cuales son los siguientes:

- *Características básicas*: son aquellas expectativas tácitas en el cliente, estas se hacen evidentes para él cuando surge una falla. Si las expectativas no se cumplen satisfactoriamente, provocan insatisfacción en el cliente.
- *Característica del servicio*: estas eliminan la insatisfacción o logran la satisfacción del cliente dependiendo del nivel de cumplimiento; por lo general son conocidas por este.
- *Características irrelevantes*: son aquellas que si bien están presentes o no, no tiene importancia para el cliente.
- *Características de rechazo*: estas llevan a la insatisfacción cuando están presentes, no obstante, cuando no están no llevan a la insatisfacción.
- *Características de entusiasmo*: son aquellas características que generan beneficios con los cuales por lo general el cliente no cuenta. Estas acentúan el producto con respecto a la competencia y provocan entusiasmo. (Conoscope, 2015).

Para poder detectar los elementos principales de desempeño y de entusiasmo, así como también los otros tres factores adicionales, Kano desarrolló un cuestionario. Para cada característica del producto se realizan un par de preguntas las cuales el cliente puede contestar en una vez de cinco formas distintas.

- La primera pregunta hace referencia a la reacción del cliente acerca de si el producto presenta esa característica (pregunta funcional).
- La segunda pregunta se refiere a la reacción del cliente acerca de si el producto no presenta esta característica.
- Al combinar las respuestas, las cualidades se pueden catalogar dentro de los seis factores

### **2.2.3 Metodologías para el diseño y desarrollo de nuevos productos.**

Para poder diseñar y desarrollar nuevos productos, existen actualmente diferentes metodologías o modelos que facilitan el proceso. Para el caso de este trabajo se analizan tres modelos con la finalidad de elegir el más conveniente.

#### **2.2.3.1 Generic PND.**

La metodología PND es una metodología diseñada para el desarrollo de nuevos productos. Según Trott (2011) consta de seis fases, las cuales son las siguientes:

- Detección de las necesidades: se hace uso de cuestionarios, sondeo, benchmarking, proveedores, herramientas y métodos de mercadotecnia.
- Generación de ideas: implementación de métodos para estimular la creatividad.
- Resolución de conflictos: usando de técnicas creativas y de resolución de problemas, por otro lado, se consultan recursos de especialistas en un área.
- Diseño o concepción: uso de herramientas informáticas, diseño y cálculo, así como también, se consulta a especialistas y recursos de ingeniería.
- Construcción de un prototipo: uso de máquinas de producción unitaria. Ingeniería y recursos técnicos especializados.
- Pruebas: pruebas al prototipo, planta piloto o prueba piloto.

### 2.2.3.2 Modelo de Phal y Beitz.

Según Phal y Beitz citados por Cross (2001), el modelo lo componen cuatro fases bien definidas, las cuales son:

- Especificaciones: en esta etapa se recolecta la información referente a los requerimientos y restricciones que deben incorporarse en el producto.
- Diseño conceptual: en esta fase se establece el proceso de diseño, el cual toma el planteamiento del problema (especificaciones de diseño) y genera soluciones amplias en forma de esquemas (conceptos).
- Diseño de ingeniería: esta inicia del concepto anteriormente generado, sin embargo, se desarrolla con mayor detalle y se hacen cálculos básicos necesarios para certificar la funcionalidad del sistema para así crear un producto según las consideraciones técnicas, económicos y de producto. En esta fase se desarrolla un plano de conjunto que exponga totalmente el funcionamiento del producto, sin hacer descripción de los detalles.
- Diseño de detalles: este diseño se expresa mediante un plano, el cual tiene la finalidad de precisar y plasmar toda la información necesaria acerca de los datos de fabricación del producto. En esta esta se inicia a partir de la definición proporcionada por los planos de conjunto y la memoria anexa.

### 2.2.3.3 Modelo Stage - Gate.

El modelo Stage - Gate se basa en las experiencias, observaciones y sugerencias de varios gerentes e información observada por Robert Cooper. Con el objetivo de explorar oportunidades de negocio y generar nuevas ideas, este modelo establece cinco etapas para el desarrollo de nuevos productos, las cuales son las siguientes:

- Prospección: se realiza una indagación previa de cada uno de los proyectos o ideas generadas en la etapa de descubrimiento, posteriormente se elige un subconjunto de ellos.

- Formando el modelo de negocio: a través de una investigación cuidadosa por parte de los equipos técnicos y comerciales definiendo y justificando el producto desarrollado en el plan de proyecto.
- Desarrollo: en esta etapa se define el diseño y desarrollo del nuevo producto, así como también del plan de producción e introducción al mercado.
- Prueba y validación: se realiza una prueba extensa del nuevo producto en el mercado, laboratorio o planta.
- Lanzamiento: como inicio de la producción y comercialización, se definen las revisiones periódicas después del lanzamiento.

#### **2.2.3.4 Elección del modelo.**

De los modelos descritos anteriormente, el que más se acopla a la investigación es el establecido por (Trott, 2011), es decir el modelo Generic PND. La elección de esta modelo se debe principalmente por su facilidad de uso y concordancia con el proyecto. Por lo tanto, se seguirán las seis etapas siguientes para diseñar el producto:

- Identificación de las necesidades.
- Generación de ideas.
- Resolución de conflictos.
- Diseño.
- Construcción del prototipo.
- Pruebas.

Las herramientas y metodologías anteriormente descritas, ayudarán a agilizar el proceso del rediseño del refrigerador planteado. A continuación, se describirán los materiales propuestos para realizar el prototipo y verificar que con estos materiales es viable realizar en el futuro una producción en masa.

## **2.2.4 Materiales para la creación del prototipo del refrigerador (tipo cava).**

La acción de refrigerar se refiere a hacer más frío un espacio, cuerpo, cámara u otro objeto a través de métodos artificiales. Bajo este concepto lo que se busca es la forma de enfriar un espacio confinado, el cual deberá estar aislado del ambiente para evitar las pérdidas de frío en el sistema y que este pueda conservar la temperatura que se desee, controlada de manera inteligente, es decir, controlar la temperatura mediante la programación del suministro eléctrico que alimenta al sistema.

Como ya se mencionó anteriormente, los métodos convencionales de refrigeración implican gases para poder realizar la extracción de calor del sistema; debido a esto y a que uno de los aspectos importantes es la innovación y mejora, se investigó otros medios de generar frío y se encontró un dispositivo electrónico a base de semiconductores que es capaz de enfriar o calentar dependiendo de cómo se alimente, este dispositivo es conocido como celda Peltier.

### **2.2.4.1 Efecto Peltier.**

El efecto Peltier fue descubierto en 1834 por el físico francés James Charles Peltier, cuando realizaba sus investigaciones en electricidad (Mundo Digital, 2010). Según Patterson & Sobral (2007) El efecto Peltier consiste en el enfriamiento o calentamiento de una unión entre dos conductores distintos al hacer pasar una corriente eléctrica por ella y que depende exclusivamente de la composición y temperatura de la unión.

Coincidiendo con lo anterior, Sandoval, Espinosa, & Barahona (2008) mencionan que el efecto Peltier se distingue por la aparición de una diferencia de temperaturas entre las dos caras de un semiconductor, cuando por el circula una corriente eléctrica. Este efecto es el que ocurre en los dispositivos electrónicos, como las celdas peltier.

### 2.2.4.2 Celda Peltier.

Las celdas Peltier son dispositivos termoeléctricos que se identifican por la aparición de una diferencia de temperatura entre las dos caras de un semiconductor, al momento de que una corriente eléctrica circula sobre ella. Estructuralmente esta celda está compuesta por un grupo de elementos semiconductores p-n formados por telurio-bismuto integrados de tal forma que construyen una estructura en forma de celda (por lo regular cuadrada). La figura 2.4 muestra cómo está conformada la celda Peltier.

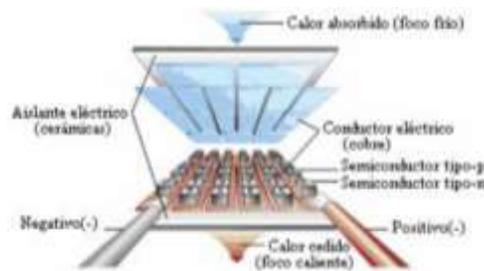


Figura 2.4: Celda Peltier. Fuente: Barrera (2012)

Las celdas Peltier o enfriadores termoeléctricos crean una diferencia de temperatura entre sus caras al hacer circular una corriente: una de ellas se enfría, mientras que la otra se calienta. Si se invierte la polaridad de la corriente, la cara fría pasa a ser caliente y viceversa, invirtiéndose el sentido del flujo calorífico (Steren, 2018).

Es necesario que, para el adecuado funcionamiento de las celdas, se trate de conservar al menos una de las caras a temperatura ambiente en primer lugar, con la finalidad de que la temperatura de la otra cara pueda crecer o en su defecto decrecer, según se alimente la celda Peltier, y en segundo lugar porque de no hacerlo así, la diferencia de temperaturas que se crea (dependiendo la potencia que se aplique) puede rápidamente crecer hasta los límites de funcionamiento de los semiconductores, por lo tanto el dispositivo correría el peligro de dañarse con facilidad si no se utiliza un disipador térmico.

Estas celdas son capaces de crear una diferencia de temperatura entre sus caras de hasta alrededor de 40-45°C cuando trabajan a su máxima potencia alrededor de 60w (12v a 5A) , en otras palabras, si se utiliza un disipador en la cara caliente y se logra reducir todo ese calor para mantener la cara caliente a temperatura ambiente, la celda Peltier será capaz de disminuir la temperatura de la cara fría hasta 45°C grados por debajo de la temperatura ambiente, esto quiere decir que, si la temperatura ambiente es de alrededor de 30 grados Celsius, la celda Peltier puede alcanzar una temperatura en su cara fría de hasta -15°C; ese frio es el que se pretende introducir al sistema, utilizando un arreglo con estas celdas, disipadores de calor de aluminio y ventiladores se podrá enfriar un espacio de hasta 16,000 cm<sup>3</sup>. Ante esto se busca que el prototipo de refrigerador alcance una temperatura de enfriamiento de al menos 5°C. La tabla 2.5 a continuación muestra las especificaciones más relevantes de una celda peltier de 40x40x3.8

Tabla 2.5: Especificaciones técnicas de una celda peltier. Fuente: Martínez (2013) y López (2014).

Temperatura lado caliente (°C)	25°C	50°C
Qmax (watts)	50	57
Tmax (°C)	66	75
I <sub>max</sub> (ampers)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (volts)	14.4	16.4
Resistencia (ohms)	1.98	2.30
Temperatura lado frío	-10 °C	
Potencia de enfriamiento	72 W	
Tamaño (mm)	40x40x3.8	
Volúmen de enfriamiento	50 L máximo.	



Figura 2.5: Arreglo: celda Peltier, disipadores y ventilador. Fuente: Llamas (2016).

El arreglo mostrado en la figura 2.5, es capaz de extraer el calor de la cara fría y disiparlo en la cara caliente, solo el disipador de la cara fría junto con sus ventiladores (que pueden ser fijados mecánicamente con tornillos) emitirán frío hacia el refrigerador. Es posible utilizar ventiladores de computadora, los cuales al igual que las celdas Peltier, se pueden alimentar con 12V de CD. Así que para administrar la potencia se podría utilizar una fuente de computadora de tipo ATX que son de fácil acceso y su precio ronda \$400MXN, y una fuente de 500W de ese costo sería capaz de alimentar hasta 8 celdas Peltier simultáneamente.

Una sola celda Peltier se ha probado que puede mantener frío (alrededor de 4°C), por lo que se conservaría medio litro de agua sin problemas, trabajando la celda a temperatura ambiente. Utilizando como aislante en el contenedor espuma de poliuretano, se espera que el sistema tenga la potencia en cada compartimento para refrigerar hasta un volumen de 1Lt de agua y mantenerlo frío sin problemas a la temperatura que se desee.

### 2.2.4.3 Control de temperatura.

Para controlar la temperatura se puede implementar un termostato programable o un algoritmo. Un termostato es un dispositivo de control que opera abriendo o cerrando un contacto de un circuito eléctrico en función de las variaciones de temperatura del lugar dónde se encuentre su elemento sensor o bulbo (Electronicasi, 2013). La figura 2.6 muestra la forma de un termostato.

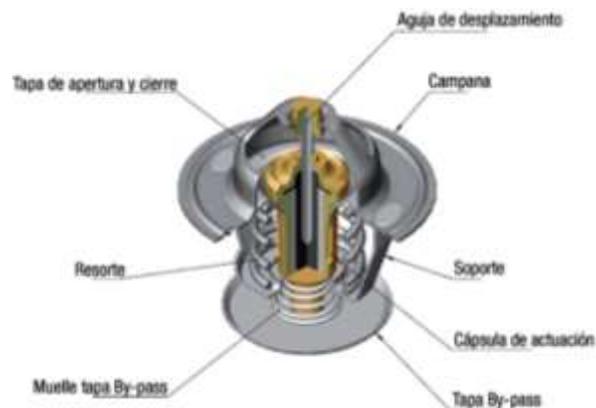


Figura 2.6: Termostato. Fuente: FAE (2017).

El termostato es un control de temperatura de tipo todo o nada, como el que se implementa en los refrigeradores comunes, aunque es un tipo de control muy simple, es también muy usado, ya que puede implementarse de manera muy robusta utilizando relevadores de voltaje como el de la figura 2.7.



Figura 2.7: Relevador. Fuente: Canto (2008).

#### 2.2.4.4 Relevador de voltaje.

Un relevador es un dispositivo eléctrico que permite que la corriente llegue en su totalidad a uno o más dispositivos utilizando cables más cortos para evitar caídas de tensión y separe las secciones de control y de potencia (Morán, 2010). En otras palabras, un relevador de voltaje es un dispositivo eléctrico capaz de cerrar un interruptor a través de un pulso eléctrico, esto es útil ya que con un pulso de poca potencia, que no resulta peligroso en absoluto como 5V de CD, se puede cerrar un interruptor, el cual es capaz obstruir un circuito que alimenta una carga de corriente alterna regular como un foco de 100W, es decir, que puede cerrar un circuito con 120V de AC sin necesidad de tocar en ningún momento el interruptor.

Lo anteriormente descrito, ocurre dentro del dispositivo, por lo que es muy utilizado en la automatización de procesos simples, o en el encendido y apagado de sistemas eléctricos que no son manuales. En la actualidad existen relevadores de voltaje de estado sólido (Figura 2.8) que se pueden utilizar en conjunto con una placa Arduino para bloquear voltajes de hasta 240V, estos presentan muchas ventajas en comparación a un relevador normal que funciona a base de bobina

El relevador de estado sólido elimina el chisporroteo, que se genera del contacto mecánico del interruptor, eliminando riesgos de incendios por chispas, además se puede utilizar fácilmente con la señal de la placa Arduino.



Figura 2.8: Relevador de estado sólido. Fuente: Wendt (2017).

### 2.2.4.5 Arduino.

Un Arduino es una plataforma de código abierto que sirve como elemento para la construcción de proyectos electrónicos. Comprende una placa de circuito programable física y software, o un entorno de desarrollo integrado que se puede ejecutar en una computadora y mediante el cual el usuario puede escribir y cargar el código de la computadora en la placa física. El Arduino UNO es un tablero de microcontroladores basado en el ATmega328P y tiene 14 pines digitales de entrada / salida, seis entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz y una conexión USB (Sheng-Ta Hsieh & Chun-Ling Lin, 2017). La figura 2.9, muestra la forma física del Arduino UNO.



Figura 2.9: Arduino UNO. Fuente: Kung (2018)

Las placas arduino como la de la figura 2.10 son placas electrónicas de entradas y salidas; estas permiten hacer programas que se repiten dentro un ciclo principal, el cual se ejecuta en este dispositivo siempre y cuando este alimentada y previamente programada. Para ello se utiliza el lenguaje de programación C++ con este se pueden leer datos de sensores y también crear algoritmos lógicos para enviar señales digitales de encendido y apagado, esta tecnología existe incluso en versión genérica y es de bajo costo y de fácil uso y programación.

En internet existen muchos códigos ya hechos para leer temperatura de sensores como los LM35, pero también es posible encontrar códigos y arreglos con relevadores para encender y apagar focos incandescentes de 100w y focos leds; aplicando ambos conceptos es posible leer la temperatura de hasta 4 sensores LM 35, haciendo uso de las entradas de una sola placa Arduino y al mismo tiempo, utilizando las salidas digitales para activar o desactivar los interruptores de 4 relevadores de estado sólido.

La lógica que tendría el programa sería la siguiente: si la temperatura del sensor (en el compartimento donde se encuentra) es igual o menor a la temperatura deseada, se interrumpe el paso de la corriente para que no se siga enfriando y si la temperatura del sensor es mayor a la deseada mantén el flujo de la corriente para que disminuya la temperatura. Ya que los sistemas tienen inercia térmica, cuando el sistema mande el apagado, este continuará enfriándose aún por debajo de la temperatura, pero también cuando la temperatura aumente apenas por encima de lo requerido y el sistema mande encendido, al sistema le tomará un poco de tiempo en volver a empezar disminuir la temperatura y así se mantendrá enciendo y apagando alrededor de la temperatura deseada.

### **Arduino Mega.**

El arduino Mega al igual que el arduino UNO, es una tarjeta o placa de desarrollo de código abierto, sin embargo, el mega incluye un microcontrolador Atmega2560 que posee mayor número de ranuras de entradas y salidas (E/S). Adicionalmente cuenta con un microcontrolador ATmega8U2 en vez de un circuito integrado FTDI, lo que permite mayor velocidad de transmisión por el puerto USB. La figura 2.10 Muestra un arduino Mega



Figura 2.10. Arduino Mega. Fuente: Arduino (2014)

Las características del arduino Mega son las siguientes:

- Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de entrada de – 7-12V.
- 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM).
- 16 entradas analógicas.
- 256k de memoria flash.
- Velocidad del reloj de 16 MHz.

#### 2.2.4.6. Sensores de temperatura.

Los sensores de temperatura son dispositivos analógicos o digitales cuya función principal es la medición de temperatura en el aire o algún líquido. Algunas veces, son conocidos como por el nombre de sondas de temperatura (S&P, 2017). Ejemplos de estos sensores son los utilizados dentro de algunos refrigeradores o calentadores de agua.

Actualmente existen diferentes sensores de temperatura, entre los más conocidos están los termopares, dispositivos de temperatura resistivos (RTD y termistores) e infrarrojos (Logicbus, 2015).

Por otro lado, existe otro dispositivo que se común que se confunda con un sensor de temperatura; dicho dispositivo es conocido como termostato y se diferencia del sensor en el uso que tiene, ya que utiliza para activar una señal cuando se supera una cierta temperatura (S&P, 2017), mientras que los sensores miden la temperatura de forma analógica o digital.

A continuación se describirán dos de los sensores de temperatura que son factibles de utilizar dentro del proyecto con la finalidad de poder elegir el que más se adapte al momento de construir el prototipo.

##### 2.2.4.6.1 Sensor de temperatura LM35.

El dispositivo LM35 es un sensor de temperatura (ver figura 2.11) con una precisión calibrada de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Su rango de medición abarca desde  $-55^{\circ}\text{C}$  hasta  $150^{\circ}\text{C}$ . La salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV. La tensión de salida es proporcional a la temperatura.



Figura 2.11: Sensor de temperatura LM35. Fuente: Lechuga, Figueroa, & More (2011).

El dispositivo LM35 tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrados en Kelvin, ya que no se requiere que el usuario sustraiga una gran tensión constante de la salida para obtener una conveniente escala en centígrados (Texas instruments, 2017).

#### 2.2.4.6.2 Sensor de temperatura PT100.

El sensor de temperatura PT100 es un tipo de sensor perteneciente al tipo RTD. Estos dispositivos se caracterizan por ser fabricados de platino (PT) y con una resistencia de 100 ohms a una temperatura de 100°C (OMEGA, 2014), de ahí su nombre PT100. El rango de temperatura del sensor oscila entre -200 a 850 °C (JMIndustrial, 2014).

La precisión de los sensores PT100 es más segura, siendo esta de hasta una décima de grado, con la ventaja de que el sensor no se descompone gradualmente enviando lecturas falsas, si no que por lo general se abre, con esto el dispositivo medidor detecta de inmediato la falla del sensor. Este comportamiento es una ventaja, cuando el sensor es usado en cámaras frigoríficas (Arian Control & Instrumentación, 2016). La figura 2.12 a continuación muestra un sensor PT 100.



Figura 2.12: Sensor de temperatura PT100. Fuente: JMIndustrial (2014).

El sensor de temperatura PT100 destaca por encima de otros debido a los siguientes aspectos:

- Buena precisión:  $\pm 0,15$  ° C a 0 ° C.
- Rango de temperatura amplio: -200 a 850 °C.
- Inoxidable.
- Puede operar dentro de espacios donde haya humedad (Pajares & Valero, 2011).

#### 2.2.4.7 Fuente de poder.

Una fuente de poder es un dispositivo eléctrico-electrónico en forma de caja (por lo general), cuyo finalidad es la de brindar un valor de voltaje o tensión eléctrica adecuada, para el correcto funcionamiento de un dispositivo (Ramírez, 2011). Por otro lado Palomares (2012) menciona que las estas fuentes son suministradores de energía eléctrica, a través de *la diferencia de potencial* entre los bordes .

La fuente de poder o alimentación se encarga por lo general de transformar la entrada de *corriente alterna (CA) en corriente continua (CC)*. Esto proceso consta de diferentes etapas como las siguientes:

- Transformación de la corriente.
- Rectificación.
- Filtrado
- Regulación.

##### 2.2.4.7.1 Fuente de conmutada ATX.

Una fuente de poder conmutada ATX como la de la figura 2.13, es posible que alimente el sistema de refrigeración ha de desarrollar, ya que al ser de 500W, pude con facilidad alimentar hasta 8 celdas peltier, las cuales son las que se encargarán de generar frío dentro del refrigerador. Estas celdas consumen alrededor de 9-50W, por lo que una fuente es más que suficiente.



Figura 2.13: Fuente de poder ATX de 500W. Fuente: Acteck (2010).

#### **2.2.4.8 Poliuretano.**

Formulaciones S.A. (2010) menciona que el poliuretano es un producto a base de dos materias primas: petróleo y azúcar. Posteriormente pasan a través de un proceso químico, estas materias primas dan lugar a otros dos compuestos, los cuales son líquidos a temperatura ambiente: polioliol y isocianato. La mezcla de estos compuestos junto con otros aditivos, da pie a materiales que pueden adoptar distintas propiedades. Uno de ellos es la espuma de poliuretano.

##### **2.2.4.8.1 Espuma de poliuretano.**

La espuma de poliuretano es un tipo de material sintético duroplástico, altamente reticulado y no fusible (ATEPA, 2010). La espuma (por lo regular expansiva) es utilizada para rellenar grandes cavidades, con la finalidad de evitar la filtración de aire, agua, insectos, ruido y suciedad (Henkel, 2014)

## **CAPÍTULO III. DISEÑO CONCEPTUAL Y MECANICO DEL PROTOTIPO.**

### **3.1 Delimitación de la problemática a investigar.**

Actualmente las organizaciones necesitan procesos estructurados para realizar innovación en sus productos, por lo que es necesario demostrar que esta investigación cumple con ese tipo de proceso y por otro lado, verificar que sea útil para resolver problemas de innovación.

En los días actuales, el desarrollo de productos sustentables es una de las principales motivaciones dentro de las organizaciones, ya que un beneficio de estos es que disminuyen el consumo de los recursos y por consiguiente, el agotamiento de un recurso natural que sea esencial para el crecimiento y supervivencia de la humanidad, como por el ejemplo el agua. Por otro lado, los productos sustentables tratan de eliminar o disminuir los efectos negativos que los productos convencionales ocasionan al medio ambiente.

Son muchos los productos que hacen uso de gas para llevar a cabo sus funciones, estos llegan a concentrarse en el medio ambiente, principalmente en el aire, esto provoca que el calor dentro de la tierra disminuya y como consecuencia aumente la temperatura en todo el planeta (calentamiento global); esto ha ido generando sequías en varias regiones, cambios drásticos en el clima, aumento del nivel del mar, cambios en los ecosistemas, entre otros problemas. Por otro lado, la mala conservación de productos perecederos crea problemas de contaminación ambiental, ya que muchas de las veces los desperdicios son arrojados en fosas o dejados al aire libre, de esta forma se contribuye por ejemplo, a la degradación de los suelos o contaminación del aire.

Otro punto que se considera dentro el desarrollo de productos sustentables, es que estos en el caso de ser dispositivos eléctricos, tengan una buena eficiencia energética, es decir, que funcionen en las mismas condiciones pero con un consumo de energía menor, lo que repercute en un ahorro de energía.

### **3.1.1 Delimitación Tecnológica.**

Ante las situaciones antes descritas, es necesario desarrollar dispositivos que ayuden a eliminar o por lo mínimo reducir la contaminación ambiental que provoca el utilizar gas y la mala conservación de los productos perecederos, así como también cuyo consumo eléctrico sea eficiente. Existen varios motivos por los cuales los clientes se interesan en un producto, entre los cuales destacan los sustentables; estos han aumentado sus ventas en los últimos años debido a que existe en la actualidad la necesidad de proteger al planeta a través del cuidado del medio ambiente.

Para solucionar los problemas antes mencionados, se decidió rediseñar un producto, el cual es un refrigerador que no utilice gas para lograr el proceso de enfriado (ayudando a la disminución de gases de efecto invernadero), consuma menos energía y conserve los productos perecederos a distintas temperaturas.

Para lograr materializar el producto se utilizarán las herramientas de diseño correspondientes al QFD, AHP, Análisis Funcional y CAI (Software CREAM basado en TRIZ); posteriormente, se hará uso del software AutoCAD para conceptualizar el diseño del producto en una perspectiva 3D (previo a la construcción del prototipo).

### **3.1.2 Delimitación de prototipo.**

Teniendo el diseño conceptual del prototipo, el punto siguiente es la construcción del prototipo. Para ello y atendiendo a los objetivos planteados, solo se construirá el prototipo del producto y realizarán las pruebas de funcionamiento. Esto quiere decir que la presente investigación culminará una vez que se tenga el prototipo funcionando.

### **3.1.3 Delimitación de económica.**

Para efectos de la presente investigación, solo se considera la obtención del costo del prototipo, es decir, de los elementos que lo componen. A futuro (inmediato) se realizará el plan de negocios y el costeo de manera formal de lo que será el producto, ya que esto no es parte del proyecto.

## 3.2 Aplicación del QFD.

Para comenzar con la aplicación del QFD, se extrajeron y capturaron las demandas primarias de los clientes (voz del cliente), con base en estas se desarrollaron las demandas secundarias (demandas técnicas) del producto. Las demandas primarias obtenidas del cliente, fueron analizadas por el equipo de diseño y se eligieron las que tienen más importancia e impacto según el criterio del equipo; esto se hizo con la finalidad de poder establecer las demandas secundarias en cada una de ellas. Para obtener las ponderaciones de las demandas (primarias y secundarias), se aplicó la herramienta AHP, cuyo proceso se describe a continuación.

### 3.2.1 Aplicación del AHP.

La aplicación del AHP se realizó a través de cinco pasos, los cuales serán descritos a continuación:

Paso 1. Detección de segmentos de mercado.

En primera instancia se identificó el tipo de mercado al que está dirigido el producto (para el caso el refrigerador. La figura 3.1 a continuación, muestra los segmentos de mercado a los cuales va dirigido el producto.

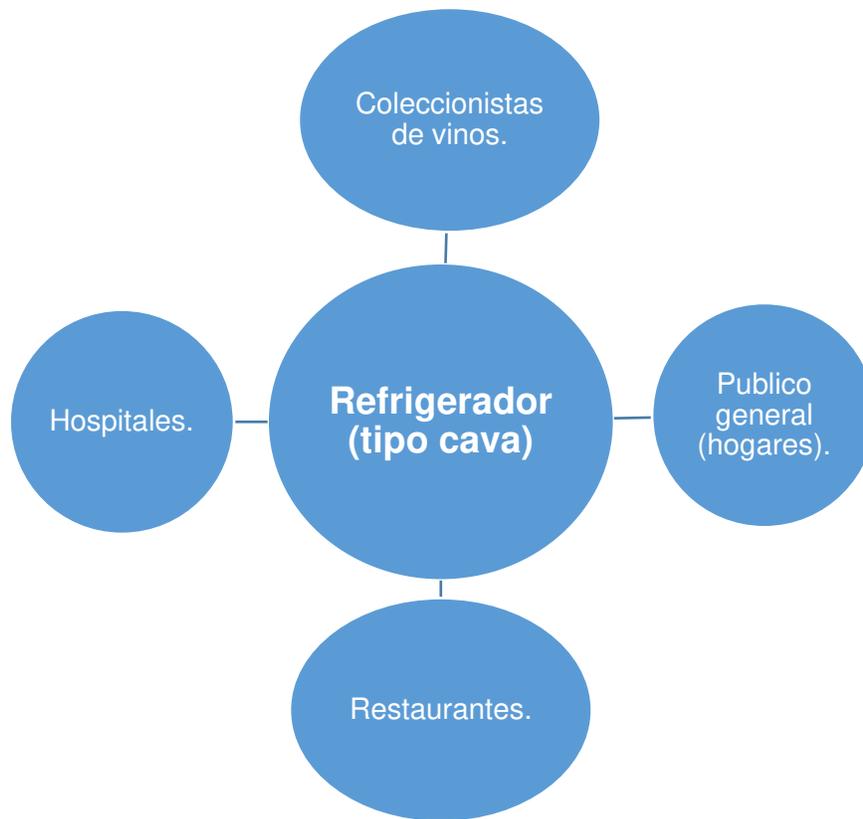


Figura 3.1: Segmentos de mercado.

#### Paso 2. Análisis de la voz del cliente.

A través la aplicación de una pequeña encuesta (solo una pregunta) a 25 clientes, se obtuvieron las características que debe tener un refrigerador; estas representan las demandas primarias exigidas por los clientes. En la figura 3.2 a continuación se muestran dichas demandas.

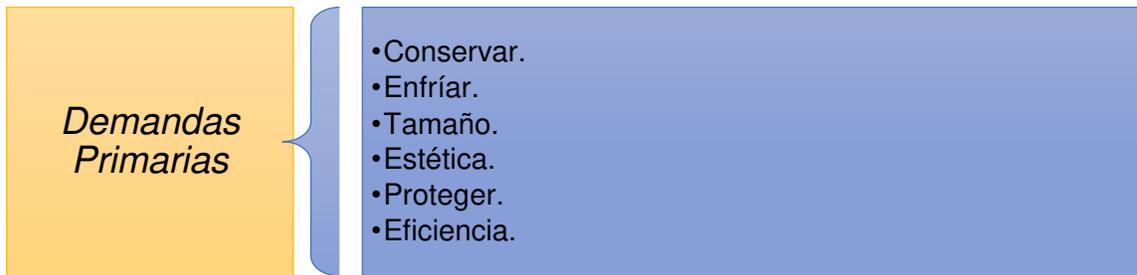


Figura 3.2: Demandas primarias.

Posteriormente a la obtención de las demandas primarias, se definieron las demandas secundarias a criterio del equipo de diseño. Estas fueron en listadas en la tabla 3.1, la cual se muestra a continuación.

Tabla 3.1: Relación de demandas primarias y secundarias.

<b>Demanda primaria.</b>	<b>Demanda secundaria.</b>
<i>Conservar.</i>	Mantener propiedades.
	Reducir tiempo de descomposición.
	Temperatura ideal.
<i>Enfriar.</i>	Capacidad de enfriamiento.
	Regular temperatura.
	Velocidad de enfriamiento.
<i>Tamaño</i>	Dimensiones.
	Peso liviano.
	Accesorios.
	Divisiones.

<i>Estética.</i>	Colores.
	Materia.
	Forma.
<i>Proteger.</i>	Suciedad.
	Polvo.
	Animales.
<i>Eficiencia.</i>	Bajo consumo.
	Buen suministro.
	Evitar pérdidas de frío.
	Ahorro de energía.

En la tabla anterior se despliegan las distintas demandas secundarias, las cuales se obtuvieron a partir de las demandas primarias extraídas de la encuesta realizada. Es necesario tener en cuenta las demandas poder jerarquizarlas con el modelo AHP y hallar las demandas o exigencias más importantes.

Paso 3. Jerarquización de las demandas del cliente.

Para llevar poder realizar la jerarquización de las demandas, se utilizó el modelo AHP. Dentro del proceso que maneja el modelo se encuentra la ponderación numérica y normalización de las demandas tanto primarias como secundarias, quedando éstas de la siguiente manera (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2: AHP de demandas primarias.

	<b>Características</b>	<b>Poderación (Wi).</b>
<b>A</b>	Conservar	0.458191051
<b>B</b>	Enfríar	0.231149154
<b>C</b>	Tamaño	0.131584229
<b>D</b>	Estética	0.035769166
<b>E</b>	Proteger	0.067064052
<b>F</b>	Eficiencia	0.076242349
<b>Total</b>		1

Tabla 3.3: Índice de consistencia de las demandas

<b>Lmax (total)</b>	<b>6.435030001</b>
<b>RCI = Lmax-n/n-1</b>	0.087006
<b>ICA</b>	<b>0.9</b>
<b>IC= RCI/ICA</b>	0.096673334

En la tabla 3.3 se muestra el índice de consistencia (RIC); este índice debe ser menor al 10%. Para el caso de los datos calculados el índice fue de menor al 10%, esto quiere decir que son consistentes a las muestras obtenidas, por lo que, después de la normalización de los datos, es posible aseverar que las ponderaciones para cada una de las demandas primarias, son las que se pueden visualizar en la tabla 3.2.

Una vez realizado el AHP a las demandas primarias, se procedió a realizar el mismo procedimiento a las demandas secundarias. Primero se obtuvo el promedio o ponderación ( $W_i$ ) de cada una de las secundarias; posteriormente este promedio se multiplicó por el promedio de las demandas primarias con la finalidad de conocer la importancia relativa o real de cada demanda secundaria. Con ello se realizó la tabla 3.4, la cual se muestra a continuación.

Tabla 3.4: Importancia relativa o real de demandas secundarias.

Características primarias	$W_i$ Primarias	Características secundarias.	$W_i$ Secundarias	Importancia relativa	
<i>Conservar</i>	0.458191051	Mantener propiedades	0.63334572	0.290193341	*
		Reducir tiempo de descomposición	0.260497956	0.119357832	*
		Temperatura ideal	0.106156324	0.048639877	
<i>Enfriar</i>	0.231149154	Capacidad de enfriamiento	0.19318606	0.044654794	
		Regular temperatura	0.723506057	0.167237813	*
		Velocidad de enfriamiento	0.083307883	0.019256547	
<i>Tamaño</i>	0.131584229	Dimensiones	0.522950919	0.068812093	*
		Peso liviano	0.292498791	0.038488228	*
		Accesorios	0.04746736	0.006245956	
		Divisiones	0.13708293	0.018037952	*
<i>Estética</i>	0.035769166	Colores	0.668864469	0.023924724	*
		Material	0.267399267	0.009564649	*
		Forma	0.063736264	0.002279793	
<i>Proteger</i>	0.067064052	Suciedad	0.282839025	0.018968331	*
		Polvo	0.073772106	0.004947456	
		Animales (insectos, roedores).	0.643388869	0.043148264	*
<i>Eficiencia.</i>	0.076242349	Bajo consumo	0.625068231	0.04765667	*
		Buen suministro	0.09584698	0.007307599	
		Evitar pérdidas de frío	0.117271652	0.008941066	
		Ahorro de energía	0.161813137	0.012337014	*
TOTAL	1			1	

En la tabla 3.4 es posible observar en la última columna los porcentajes de importancia relativa de cada una de las demandas secundarias; la suma total de estos porcentajes debe ser de 1 o 100%. El porcentaje total equivale a la calidad exigida por los clientes. Las demandas con más importancia o que más impacto generan en la calidad exigida son las que tienen un (\*) a su derecha. La tabla 3.5 a continuación muestra el resultado de la suma de las demandas más importantes.

Tabla 3.5: Resultado de la suma de la importancia relativa de las demandas secundarias de mayor impacto (\*).

<b>Más importantes (*)</b>
0.857726911

Como es posible observar en la tabla 3.5 la suma de la importancia relativa de las 12 demandas secundarias más importantes; éstas generan hasta un 0.85 u 85% de impacto en la calidad exigida. Esto quiere decir que cumpliendo tan solo esas 12 demandas, la satisfacción del cliente sería del 85%, por lo tanto, el proyecto propuesto es factible realizarlo.

Paso 4. Obtención de las medidas de desempeño.

A las demandas establecidas en los pasos anteriores, se les asignaron medidas técnicas para poder evaluar la capacidad de satisfacer una demanda exigida por el cliente, dichas medidas son posibles visualizarlas en la tabla 3.6. Cabe mencionar que solo se utilizaran las 12 demandas más importantes para el análisis y los atributos Kano (valor agrado que el cliente no espera)

Tabla 3.6: Demandas primarias y demandas técnicas más importantes.

<b>Demanda exigida</b>	
<i>Conservar.</i>	Mantener propiedades.
	Reducir tiempo de descomposición.
	Temperatura ideal.
<i>Enfriar.</i>	Regular temperatura.
<i>Tamaño</i>	Dimensiones.
	Peso liviano.
	Divisiones.
<i>Estética.</i>	Colores.

	Materia.
<i>Proteger.</i>	Suciedad. Animales.
<i>Eficiencia</i>	Bajo consumo de energía. Ahorro de energía.
<i>Atributos Kano</i>	Ecológico. Variación de temperatura en cada compartimiento.

A las demandas descritas en la tabla 3.6, es necesario establecerles medidas de desempeño y a estas las pruebas a realizar, todo ello con el fin de medir la calidad exigida por los clientes en el refrigerador (tipo cava). La tabla 3.7 a continuación, despliega las medidas de desempeño y las pruebas a realizar.

Tabla 3.7: Medidas de desempeño y pruebas a realizar.

Medidas de desempeño	Pruebas a realizar
Variación en las propiedades de los productos almacenados.	Observación de las condiciones de los producto antes de almacenar y posterior a su almacenamiento.
Tiempo que tarda en descomponerse un producto almacenado.	Medir el tiempo en que tarda en descomponerse un producto dentro del refrigerador.
Graduación de temperatura variable.	Programar distintas temperaturas y medirlas.
Volumen.	Medición del volumen.
Ligero.	Medición del peso.
Independencia entre compartimentos.	Verificar que las divisiones en el refrigerador sean correctas
Detección visual atractiva.	Inspección de defectos en el color del producto.
Detección visual atractiva.	Inspección de defectos en el material.
Protección que ofrece el refrigerador ante la suciedad del exterior.	Verificar que no entre suciedad del exterior.
Protección que ofrece el refrigerador contra los animales.	Verificar que no entren animales del exterior.
Kw/h consumido.	Medir el consumo de energía con un wattmetro.
Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento.	Medir el tiempo que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento.
Impacto que genera en el medio ambiente.	Medir la huella de carbono emanada.
Variación de temperatura en cada compartimiento.	Medir la temperatura en cada compartimiento.

Una vez definidas las medidas de desempeño y las pruebas a realizar, es necesario efectuar el mismo diagnóstico a la competencia (marcas establecidas) en el mercado, con la finalidad de conocer las fortalezas que estas tienen y evaluar el estado del producto contra los que ya existen en el mercado. Esto da pie a que se realice un benchmarking técnico, el cual es descrito en el siguiente paso.

Paso 5. Benchmarking.

En este punto del QFD, se realizó un benchmarking para conocer las condiciones del mercado y tener pautas de diseño. Para esto es adecuado considerar las marcas más relevantes en el mercado. La tabla 3.8 muestra las mejores marcas de refrigeradores del 2018 en Europa, las cuales fueron utilizadas para realizar el benchmarking.

Tabla 3.8: Mejoras marcas de refrigeradores en Europa en 2018. Fuente: Ketchum (2018); Lopes, 2018).

<b>Mejores marcas de refrigeradores.</b>	
1	Samsung RS277ACWP
2	GE (General Electric) GSH25JFT
3	LG LMXS30796D
4	Whirlpool Double Drawer WRV986FDEM

El benchmarking entre el producto a realizar y la competencia se realizó comparando las funciones que se implementaran (ver tabla 3.9). Estas son independientes a las demandas exigidas por los clientes dado que son los elementos por los cuales se pensó el desarrollo de la propuesta. Sin embargo, también se hizo un benchmarking utilizando las demandas exigidas por el cliente, estas se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.9: Benchmarking técnico de funciones base entre el producto y competidores.

Función	Marca de refrigerador				
	Nuestro.	Samsung.	LG electronics.	Whirlpool.	GE (General Electric).
	Incluye función (Sí/No)				
Compartimentos separados.	Sí	No	Sí	Sí	No
Enfriamiento a diferente temperatura.	Sí	No	No	Sí	No
Enfriamiento a través de dispositivos termoeléctricos.	Sí	No	No	No	No
Programación de enfriado.	Sí	Sí	No	No	Sí
Eficiencia.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Sustentable o ecológico.	Sí	No	No	No	No

Tabla 3.10: Benchmarking de demandas exigidas entre el producto y la competencia.

Demandas Exigidas	Importancia	Importancia (valor entero)	Evaluación del cliente					Datos implícitos	Valor objetivo	Tasa de mejora	Valor estratégico	Importancia compuesta de la demanda	Normalización de la imp. com %
			Nuestro	LG	Samsung	Whirlpool	GE						
Mantener propiedades	29%	29.0193341	3	4	4	3	3		5	1.66666667	1.5	72.5483353	0.35495677
Reducir tiempo de descomposición	12%	11.9357832	3	3	4	3	4		5	1.66666667	1.2	23.8715665	0.11679626
Regular temperatura	17%	16.7237813	3	3	4	3	3		4	1.33333333	1.2	26.7580501	0.13091894
Dimensiones	7%	6.88120935	2	5	5	3	4		4	2	1	13.7624187	0.0673353
Peso liviano	4%	3.84882279	2	3	3	3	2		4	2	1	7.69764559	0.03766222
Divisiones	2%	1.80379517	3	3	4	3	3		5	1.66666667	1.2	3.60759034	0.01765083
Colores	2%	2.39247243	1	3	3	2	3		4	4	1	9.56988971	0.04682254
Material	1%	0.95646488	3	3	4	3	3		5	1.66666667	1.2	1.91292976	0.00935938
Suciedad	2%	1.89683309	3	4	5	3	4		5	1.66666667	1	3.16138849	0.01546771
Animales (insectos, roedores).	4%	4.31482643	2	3	4	2	3		4	2	1	8.62965286	0.04222225
Bajo consumo	5%	4.76566701	3	4	3	2	4		5	1.66666667	1.5	11.9141675	0.05829237
Ahorro de energía	1%	1.23370136	1	4	3	2	3		5	5	1.5	9.2527602	0.04527092
Ecológico*	2%	2	1	0	0	0	0		3	3	1.3	7.8	0.03816301
Temperatura diferente en cada seccion*	2%	1	1	0	0	0	0		3	3	1.3	3.9	0.0190815

Importancia Ponderada 238.020867 307.996028 339.628143 244.611406 278.948743 403.702343

TOTAL	90%	31	42	46	32	39	204.386395	1
-------	-----	----	----	----	----	----	------------	---

\*=Valores kano

Como se muestra el benchmarking de la tabla 3.10, se obtuvieron las ponderaciones de las demandas exigidas tanto para el producto a realizar y los de la competencia. Es posible visualizar que los productos que ya están establecidos en el mercado tienen ventaja en cuanto. Sin embargo, el producto tiene aspectos buenos que pueden ser resaltados (ver tabla 3.9), los cuales deben marcar la diferencia para poder tener una buena introducción en el mercado.

### 3.2.2 Análisis Kano.

Como parte de la investigación se integraron características extra el producto. Estas son llamadas atributos Kano. Para el caso que ocupa, se espera que las características añadidas, le den un plus al producto, ya que según el modelo, el cliente no las espera, sin embargo, al incluir estas nuevas características al producto, la satisfacción del usuario aumenta. Por lo menos debe existir un atributo Kano en el diseño del producto.

Los atributos Kano fueron seleccionados por el equipo de diseño y se espera que estos aumenten la preferencia del cliente por el producto y que a su vez se vea reflejada en la retención de marca, así como también sean un referente del producto. De esta manera, los atributos que se agregaran al producto, son los siguientes:

- Ecológico.
- Temperatura diferente en cada sección.

### 3.2.3 Matriz QFD completa.

Una vez obtenidas las demandas exigidas por el cliente y sus respectivas ponderaciones, así como también las medidas de desempeño, se realizó una gráfica en donde se despliegan las características clave del producto con base en los requerimientos del cliente.

En la figura 3.3, se concentran los requerimientos del cliente, la evaluación competitiva del propio producto y con respecto a los competidores, las ponderaciones y las características técnicas o medidas de desempeño, las cuales contribuirán a la satisfacción del cliente. Por otro lado, también es posible visualiza las correlaciones entre estas, pudiendo ser negativas o positivas, esto de acuerdo al modelo del QFD.



De acuerdo a la figura 3.3 en la parte superior del QFD o casa de la calidad se encuentran las correlaciones técnicas, las cuales son posible identificar por medio de los símbolos que ahí se despliegan, estos indican la holgura que pueden tener los requerimientos técnicos para el diseño. Por otro lado es posible visualizar la importancia que tiene cada demanda para el cliente; por ejemplo, la demanda que tiene mayor importancia es “mantener las propiedades” de los alimentos con 0.29 o 29% de importancia y una de las más bajas es la demanda “material” con 0.01 o 1%.

Las correlaciones en la casa de la calidad representan contradicciones físicas y/o técnicas en el sistema. Estas indican conflictos o problemas de inventiva y pueden ser solucionados a través de la aplicación de la teoría TRIZ.

Para el caso del proyecto, las correlaciones halladas entre requerimientos técnicos con una correlación negativa, son los siguientes:

- Medición del volumen (volumen del refrigerador) vs peso del refrigerador.
- Defectos en el color del producto vs Defectos en el material del producto.
- Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento Vs temperatura en cada división o compartimento.
- Programar distintas temperaturas vs Consumo de energía.
- Consumo de energía vs Huella de carbono emanada.

A continuación se describirá la aplicación del análisis funcional para poder visualizar la relación existente entre las funciones y componentes del sistema, para ello se realiza el correspondiente diagrama con la definición de los conceptos que compondrán al sistema.

### 3.3 Aplicación del análisis funcional.

Una vez finalizado el QFD, los parámetros de diseño del producto quedaron definidos, sin embargo, es posible encontrar problemas y contradicciones entre las distintas funciones que se implementarían al producto. Para encontrar las relaciones funcionales y posibles contradicciones del sistema técnico del refrigerador (tipo cava), se realizó una variante del FAST más sencilla, la cual se conoce como *análisis funcional*, este está representado en la figura 3.4.

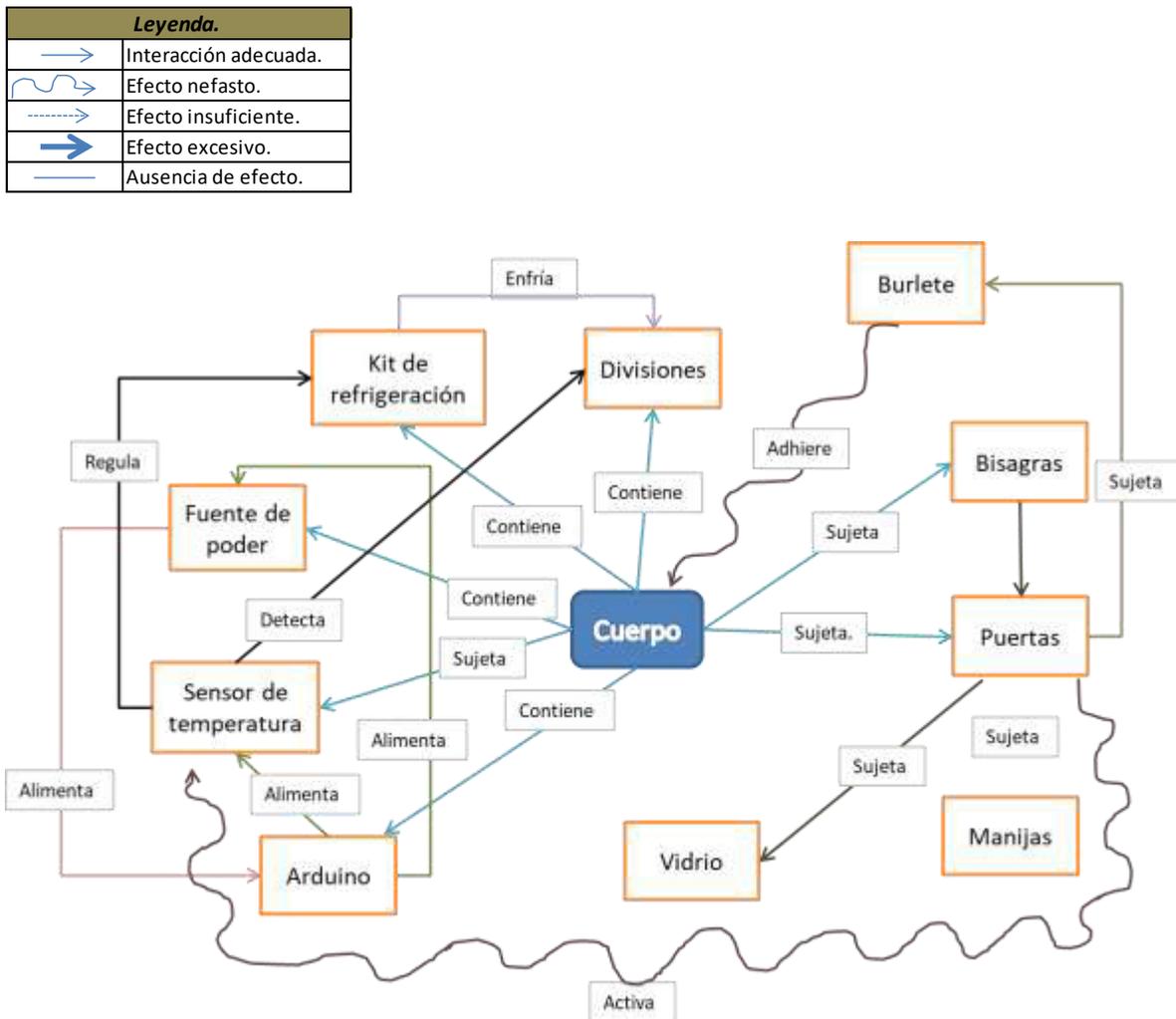


Figura 3.4: Análisis funcional.

El análisis funcional es una herramienta del análisis de valor que permite analizar y desarrollar la estructura de una función. En el análisis que se realiza, se describen las funciones del producto y sus partes, así como también la relación entre éstas (Cara, 2013).

Como es posible observar en la figura 3.4, la función que más se relaciona con otras es la del “cuerpo”, ya que a este contiene funciones como lo son las divisiones, el kit de refrigeración o arreglo enfriamiento, la fuente de poder, el arduino, entre otros componentes. La mayoría de las funciones tiene efectos o interacciones adecuadas entre sí y solo dos tienen efectos nefastos; estos últimos se dan en la puerta con el sensor de temperatura y el burlete con el cuerpo. En el primer caso, el efecto no deseado se debe a que al abrir la puerta por periodos largos de tiempo o de manera constante, la temperatura del refrigerador disminuye, esto activa al sensor de temperatura y por consiguiente al kit de refrigeración. Para el segundo aspecto, el efecto no deseado se debe a la interacción o contacto entre el burlete o cuerpo, ya que suele suceder que la adhesión entre estos dos componentes es demasiada que al intentar abrir la puerta, es necesario aplicar mucha fuerza.

Salvo a las anteriores dos funciones descritas como nefastas, las demás funciones se relacionan correctamente y no causan efectos indeseados en el sistema, por lo que se puede decir que el diseño del sistema es el adecuado (para visualizar mejor la relación entre las funciones, ver la tabla 3.11).

Tabla 3.12: Relación entre componentes y funciones.

Componente A	Función	Componente B
Cuerpo	Sujeta	Bisagras
	Contiene	Divisiones
	Contiene	Kit de refrigeración
	Contiene	Fuente de poder
	Sujeta	Sensor de temperatura
	Contiene	Arduino
Puertas	Sujeta	Burlete
		Manijas
		Vidrio
	Activa	Sensor de temperatura
Burlete o empaque	Adherir	Cuerpo
Arduino	Alimenta	Kit de refrigeración
		Sensor de temperatura
Fuente de poder	Alimenta	Arduino
Bisagra	Fija	Puerta

Tabla 3.11: Conflictos identificados entre componentes.

Componente A		Componente B
Burlete	Vs.	Cuerpo
Puertas	Vs.	Sensor de temperatura.

### 3.4 Aplicación del CAI (utilizando CREAX).

Como se mencionó con anterioridad, la innovación asistida por computadora (CAI), es una herramienta que facilita el proceso de innovación, utilizando las tecnologías computacionales e inspirándose en las teorías de TRIZ, QFD, mapas mentales, synectics, entre otros.

Como todo proceso de innovación, el desarrollo del presente producto (refrigerador) presenta algunos problemas que tienen que ser resueltos antes de culminarlo. Para el caso que ocupa, la resolución de problemas se realizará a través del CAI, del software CREAX Innovation Suite y del modelo de resolución de problemas propuesto por Kalevi Rantanen y Ellen Domb. Dicho modelo utiliza los conceptos de contradicción, sistema ideal, recursos, patrones de evolución y principios de inventiva o separación.



Figura 3.5: Modelo de resolución de problemas de inventiva (Rantanen & Domb, 2007).

El modelo de la figura 3.5 describe las relaciones existentes de los siguientes conceptos:

- Contradicción: para solucionar un problema es necesario eliminar una contradicción.
- Recursos: por lo regular los recursos no se distinguen con facilidad, sin embargo, están disponibles; por ejemplo: la energía, propiedades, sustancias inactivas y otros elementos cerca o dentro del sistema, se pueden utilizar para solucionar una contradicción.
- Sistema ideal o resultado ideal: este punto se alcanza cuando la contradicción ha sido solucionada.
- Patrones o tendencias de evolución: los sistemas va evolucionando de acuerdo a ciertas tendencias, no por accidente. Es posible hacer uso de las tendencias como base para la generación de nuevas ideas y predecir la evolución del sistema.
- Principios inventivos: estos principios marcan pautas bien definidas de soluciones y ayudan a vislumbrar el posible significado de las tendencias.

El modelo de Rantanen & Domb (2007) para la resolución de problemas, relaciona conceptos y herramientas básicas. La integración del modelo es más efectiva que si solo se usan las partes por separado. Este se fundamente en la investigación científica de TRIZ y en los comentarios de los eruditos de TRIZ en las últimas décadas.

### 3.4.1 Definición del problema.

Como se mencionó anteriormente, como herramienta CAI se utiliza el software CREAM el cual incorpora técnicas y herramientas de TRIZ. Para comenzar se define el problema, para ello, el software cuenta con un espacio o sección dedicado a la descripción del problema. Es de importancia efectuar una descripción clara y precisa de la situación, detallando cada uno de los aspectos que conforman al caso de estudio, esto con la finalidad de delimitar adecuadamente la problemática. Algunos de los elementos que integran esta sección son: el cliente, el patrocinador, personas o instituciones que participan en el proyecto, personas que trabajan en la resolución del problema y los beneficios que se quiere obtener cada una de las partes que están inmiscuidas en el proyecto. La figura 3.6 muestra la descripción del problema dentro de CREAM.

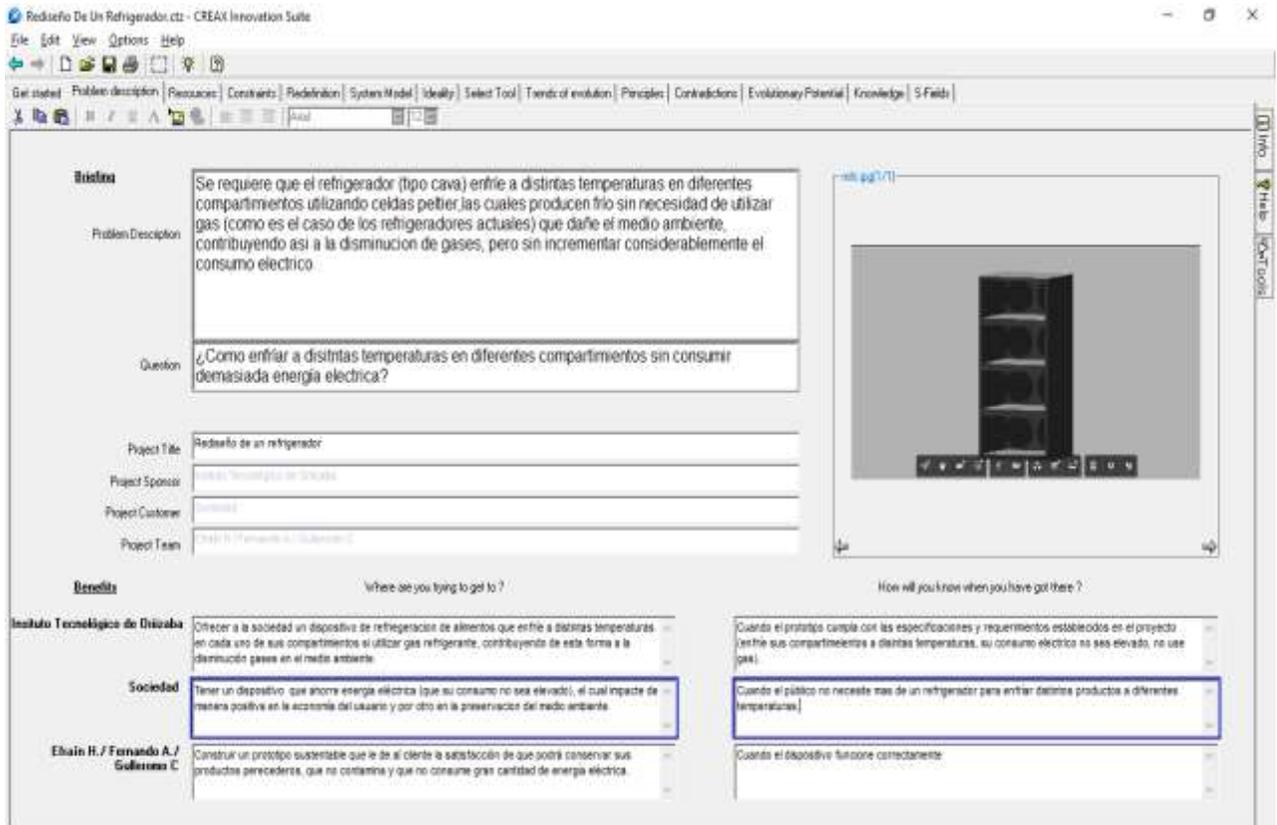


Figura 3.6: Descripción del problema en el software CREAM Innovation Suite.

### 3.4.2 Contradicciones.

Dado que CREAX es un software que incorpora herramientas de TRIZ es necesario analizar las contradicciones que se presentan en el sistema. (Alshuller, 1999) menciona con respecto a las invenciones y contradicciones que, desde la perspectiva de la ingeniería, una invención expresa siempre la superación total o parcial de una contradicción. En otras palabras, la formulación y erradicación de una contradicción es uno de los procesos inertes durante el desarrollo de nuevos productos.

Las contradicciones son conflictos entre características dentro del sistema, estas surgen cuando se quiere mejorar un parámetro o propiedad del sistema y al mismo tiempo otro parámetro del sistema se degrada o empeora. (Araujo-Moreira & Almeida, 2005). Existen dos tipos básicos de contradicciones: contradicción técnica y contradicción física; la descripción de cada una es la siguiente:

- *Contradicción técnica:* este tipo de contradicción se caracteriza porque, al mejorar un parámetro útil del sistema, se degrada otro parámetro útil y viceversa. Por lo general este tipo de contradicciones es solucionado utilizando la Matriz de Resolución de Contradicciones Técnicas o Matriz de Altshuller.
- *Contradicción física:* este tipo de contradicción demanda la existencia simultánea de dos estados mutuamente exclusivos, correspondientes a una función o elemento del sistema. Un ejemplo son las piezas del sistema que deben de ser lisas y rugosas al mismo tiempo, suave y duro, negras y blancas, calientes y frías entre otros ejemplos.

Continuando con la aplicación del modelo de resolución de problemas, se prosigue a identificar las contradicciones, para esto, se tomaron las contradicciones detectadas según la matriz de correlación de requerimientos técnicos de la casa de la calidad o QFD.

### 3.4.2.1 Contradicciones físicas

Se encontraron dos contradicciones físicas, una al término del QFD en puntos anteriores, específicamente dentro de la punta de la casa de la calidad y la otra dentro del análisis funcional, estas contradicciones son las siguientes:

- *Defectos en el color del producto Vs. Defectos en el material del producto.* Esta contradicción surge debido a que se requiere que el color y material del producto no tenga defectos. Sin embargo, el que el color quede bien depende de qué tipo de material se use.
- *Burlete Vs. Cuerpo:* Esta contradicción surge debido a que se requiere que el burlete se pegue al cuerpo con fuerza, pero a la vez es necesario que no se adhiera tanto para que no se tenga que aplicar demasiada fuerza al abrir la puerta.

### 3.4.2.2 Contradicciones técnicas.

Las contradicciones técnicas del sistema se presentan en la tabla 3.12. Estas serán resueltas a través del uso de los 40 principios de inventiva y la matriz de contradicciones, sin embargo, dicho proceso se desarrollará más adelante, en una etapa denominada “principios innovadores”, esto siguiendo el modelo para la resolución de problemas.

Tabla 3.13: Contradicciones y parámetros de contradicción.

<b>Contradicción</b>	<b>Parámetros de contradicción</b>
Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento. Vs. Temperatura en cada división o compartimiento.	16. Tiempo de acción del objeto sin movimiento
	17. Temperatura
Programar distintas temperaturas. Vs. Consumo de energía.	22. Temperatura
	20. Energía gastada por un objeto sin movimiento
	21. Potencia
Consumo de energía. Vs. Huella de carbono emanada.	20. Energía gastada por un objeto sin movimiento
	31. Efectos secundarios dañinos
Medición del Volumen (espacio). Vs. Peso.	8. Volumen de un objeto estacionario
	2. Peso de un objeto estacionario.

### 3.4.3 Recursos del sistema.

Para poder solucionar conflictos o contradicciones de un problema inventivo es necesario hacer uso de recursos durante el proceso de resolución, ya que estos son de importancia para llegar a la solución. Este punto del modelo de resolución de problemas que se ha estado utilizando, implica la detección de los recursos dentro y fuera (alrededor) del sistema

Un recurso se define por lo general como cualquier cosa dentro o alrededor del sistema que no se ocupa para que este alcance su máximo potencia. TRIZ define a los recursos como todo aquello que se puede utilizar para resolver un problema de inventiva y mejorar el sistema sin grandes gastos.

La adquisición de los recursos debe ser fácil, gratis o de bajo costo y pueden estar internamente en el sistema o externamente. Los recursos externos pueden permanecer al súper-sistema, al entorno o al sub-producto. Algunos ejemplos de recursos pueden ser las sustancias o los campos de fuerza o energía, entre muchos otros; así mismo hay recursos que incluyen el espacio y el tiempo (Alsthuller, 1999).

Los recursos de un sistema y sus componentes sirven para construir una base sólida con soluciones más fuertes y eficientes y por otro lado, cada recurso representa una posible solución.

Con las definiciones de recursos ya establecidas es posible clasificarlos de la siguiente manera:

- *Recursos de sustancias:* sustancias utilizadas en el sistema que se analizó y en el entorno.
- *Recursos de energía:* energías y campos eléctricos, electromagnéticos, térmicos, entre otros. Es posible hallar este recurso en el sistema o en su entorno externo.
- *Recursos de tiempo:* tiempo anterior al inicio de algún proceso principal de producción y todo el tiempo entre etapas separadas del proceso de producción. Estos intervalos se pueden utilizar para mejorar la operación básica del sistema.
- *Recursos de espacio:* es posible hallarlo en espacios no ocupados que pueden ser utilizados para cambiar la eficiencia y funcionalidad del sistema.

- *Recurso de información:* por lo regular se utilizan en la resolución de conflictos de medidas, detección y separación. Son datos de parámetros de sustancias, campos o cambio de propiedades de un objeto. Cuanto mayor sean las diferencias entre las sustancias, más eficientes serán medidas o identificadas.
- *Recursos combinados:* esta clase de recurso es una combinación de todos los recursos anteriores. Un aspecto de importancia al hacer uso de recursos es la aplicación de las propiedades de sustancias que pueden cambiar bajo influencias. Algunas veces no hay recursos en el sistema con la propiedad deseada para poder solucionar el sistema, a menos que se cambien las sustancias del sistema.

Durante el proceso de resolución de problemas es de suma importancia tener una perspectiva dinámica y amplia del sistema que vaya a ser desarrollado desde cero o mejorado a partir de uno ya existente. Una forma de desarrollar esta perspectiva es a través de la aplicación de una herramienta de TRIZ conocida como enfoque de las 9 pantallas o multi-pantallas.

La herramienta de las 9 pantallas hace más sencillo el pensamiento sistémico, el cual, facilita el desarrollo de un marco dentro del cual se puede apreciar un sistema técnico a partir de dos dimensiones: el tiempo y el espacio.

Continuando con la ejecución del modelo de resolución de problemas, el punto que sigue es la definición de los recursos del sistema, esto es posible realizarlo en el software CREAX dentro de la sección de “*resource*”. En esta sección se aplican la herramienta de las multi-pantallas para definir los recursos, sin embargo, el objetivo de desplegar las multi-pantallas no es únicamente delimitar los recursos, sino también desarrollar a la vez, distintos escenarios y niveles sistémicos separados en el tiempo.

Las 9 pantallas facilitan el análisis de la evolución que sigue un sistema, así mismo, muestra la forma en que se efectuaron las transiciones entre un estado y otro y las contradicciones resueltas. Este ejercicio se ejecuta con el fin de prever cuáles serán las contradicciones a futuro y de esta manera, abrir el panorama de evolución de un sistema para iniciar un proceso de generación de ideas y resolución de problemas. El despliegue de las multi-pantallas se efectúa de forma gráfica dentro del software CREAX, lo cual hace más sencilla su puesta en práctica (Cortés, 2012).

Dentro de las herramientas de las multi-pantallas se maneja una línea o eje del tiempo, el cual contiene el pasado, presente y futuro de un producto o de un sistema, sin embargo, en caso de ser necesario, se pueden agregar pantallas que representen situaciones intermedias o diferentes estados de transición. El eje que corresponde al espacio se ocupa de diferentes niveles de composición e integración de un sistema: súper-sistema, sistema y sub-sistema. La figura 3.7 muestra la estructura que hace posible la conexión de la dimensión del tiempo con los distintos niveles sistémicos.

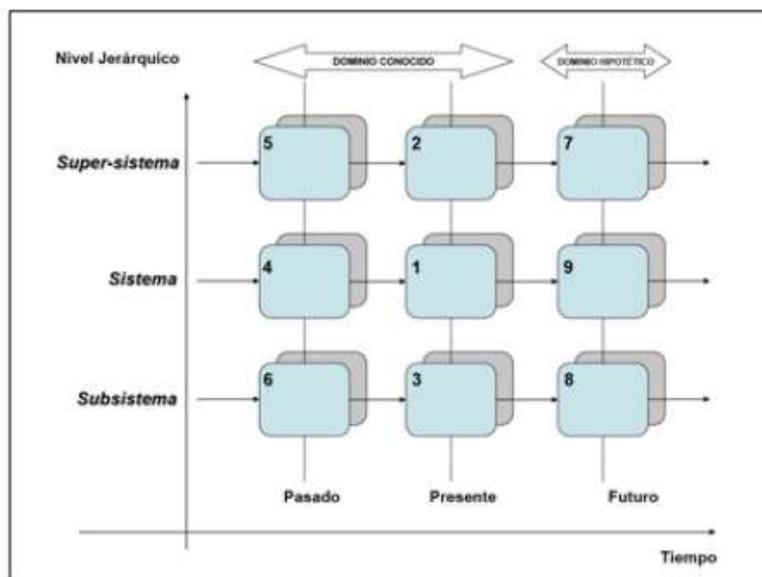


Figura 3.7: Diagrama de la herramienta de las 9 multi-pantallas. Fuente: Ortega (2015).

Como se mencionó anteriormente, la herramienta de las 9 pantallas se encuentra dentro del software de CREAX, específicamente en la pestaña de "recursos" (*resources*). La aplicación despliega los distintos niveles sistémicos separados en según el eje del tiempo: pasado, tiempo y futuro. En la figura 3.8 se muestran las 9 pantallas en las cuales se establecieron los recursos del sistema correspondientes al proyecto.

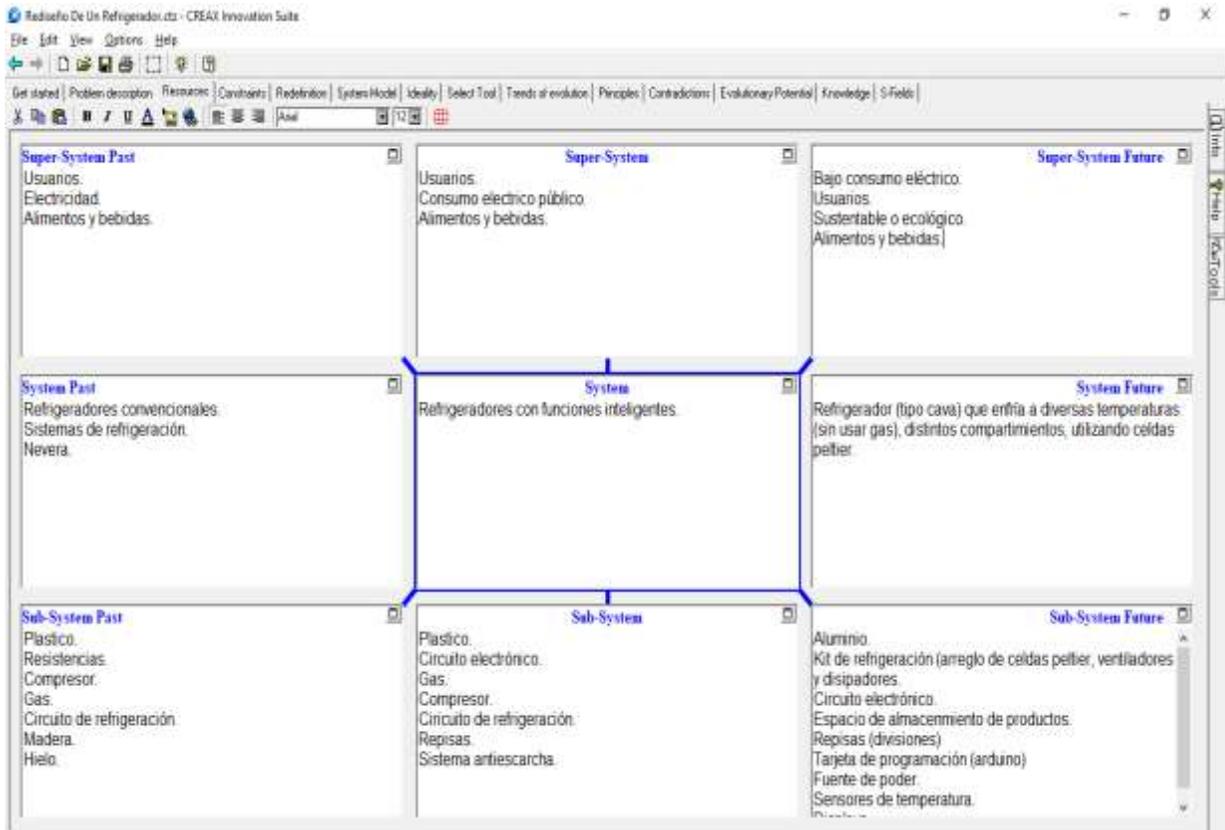


Figura 3.8: Aplicación de la herramienta de las 9 pantallas para la asignación de recursos.

Para poder observar mejor la asignación de recursos, se mostrarán los distintos niveles sistémicos: sub-sistema, sistema y súper-sistema. La figura 3.9 muestra los tres niveles anteriores, en el tiempo *pasado*.



Figura 3.9: Obtención de los recursos utilizando la herramienta de las 9 pantallas correspondiente al pasado.

La figura 3.10 a continuación, despliega los recursos en el sub-sistema, sistema y súper-sistema, correspondientes al *presente*.

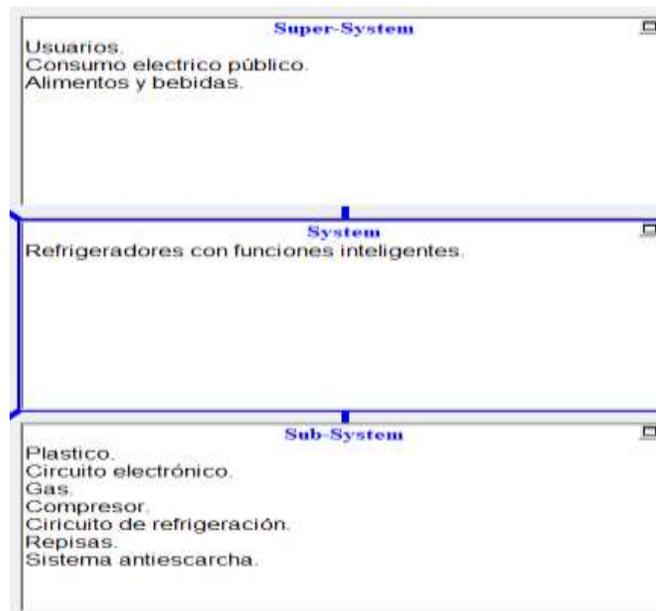


Figura 3.10: Obtención de los recursos utilizando la herramienta de las 9 pantallas correspondiente al presente.

Por último, la figura 3.11 muestra los recursos en los tres niveles sistémicos: sub-sistema, sistema y súper-sistema, correspondientes al tiempo *futuro*.

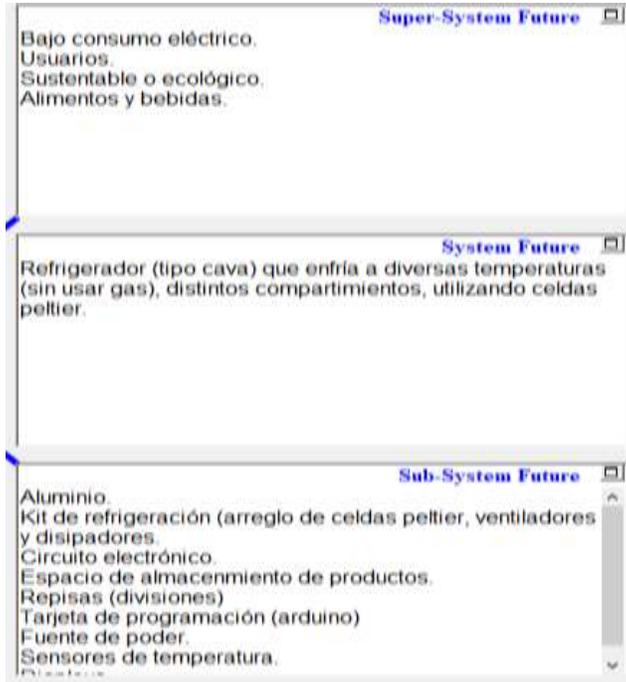


Figura 3.11: Obtención de los recursos utilizando la herramienta de las 9 pantallas correspondiente al futuro.

Los recursos identificados a través de la aplicación de las 9 pantallas pueden ayudar a la resolución problemas, mediante la eliminación de contradicciones del sistema. Al momento de aplicar la matriz de contradicciones y los 40 principios inventivos, los recursos serán tomados en cuenta, ya que complementan las ideas o alternativas de solución, que se generan gracias a los principios ya mencionados.

### 3.4.4 Formulación del sistema ideal o Resultado Final Ideal (IFR)

Dentro de los principios básicos que maneja TRIZ, se encuentra aquel que dice que el hecho de que cualquier sistema puede ser visto como una serie de características deseables (funciones útiles) y las características indeseables (funciones nefastas o nocivas).

Según Altshuller los sistemas técnicos están inmersos dentro un proceso constante de evolución., lo cual es una tendencia natural de los propios sistemas técnicos. Esta tendencia establece que todos los sistemas tienden a aumentar su grado de idealismo (Salamatov, 1999 citado por Cortés, 2010). En otras palabras, a fin de continuar existiendo, todos los sistemas técnicos deben tener una función útil primaria; sin embargo, la existencia y explotación de tal sistema, supone un gasto de energía, información, espacio, sustancias, entre otros, con cierta eficiencia.

Desde la perspectiva que maneja TRIZ, un sistema se perfila hacia su ideal cuando asegura las funciones útiles sin generar funciones inservibles, nocivas y sin costo alguno. Por definición, un sistema ideal es un sistema que no existe, no obstante, las funciones útiles son aseguradas y ejecutadas por el sistema de una u otra forma. Por lo tanto, un sistema ideal es aquel que:

- No genera costos.
- Su eficiencia es del 100% (no genera pérdidas ni desechos).
- No ocupa ni superficie ni volumen en el espacio (Cortés, 2012).

El análisis del sistema que se esté desarrollando, es fundamental en cualquier dentro de cualquier proceso de innovación, ya permite detectar de manera más sencilla las áreas de oportunidad que un sistema posee o que pueden ser mejoradas. Por lo tanto, la relación existente entre funciones útiles y funciones nocivas (ecuación 1) dentro de un sistema, da como resultado una medida relativa de idealidad del mismo:

$$\text{Idealidad} = \text{funciones útiles} / \text{funciones nocivas} \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

El grado de perfeccionamiento de un sistema se puede incrementar, ya sea aumentando la cantidad de funciones útiles o reduciendo las funciones nocivas. La innovación busca mejorar de forma incremental un sistema, por lo tanto, cualquier innovación en el producto busca aumentar la idealidad de todo el sistema.

Dentro de los sistemas siempre es posible encontrar algo indeseable. Las causas que originan ese efecto indeseable son conocidas como contradicciones, las cuales impiden que los sistemas logren una mayor idealidad. Una innovación incremental incrementa el grado de idealidad del sistema al eliminar un o más contradicciones. La innovación incremental aumenta la idealidad del sistema al eliminar una o más contradicciones (Fullbright, 2011, citado por Cruz, 2017).

El sistema ideal del producto a desarrollar es el siguiente paso dentro del modelo de resolución de problemas; este se formula como: *“el sistema realiza la función de enfriamiento a distintas temperaturas en distintos compartimientos, sin utilizar gas, el cual daña al medio ambiente; por otro lado, el consumo eléctrico no debe ser muy alto, contribuyendo al ahorro de energía”*.

### **3.4.5 Solución a contradicciones.**

Para realizar la solución a las contradicciones, TRIZ maneja diferentes principios de solución que permiten eliminar los conflictos que se presentan en un sistema. Las herramientas que se aplican, dependen del tipo de contradicción, (física o técnica). A continuación se describen las soluciones a estas contradicciones.

### 3.4.5.1 Solución a contradicciones físicas.

Para poder solucionar las contradicciones físicas se aplican *las heurísticas de separación o principios de separación*; estos principios son los siguientes:

- *Separación en el tiempo*: si se demandan requerimientos mutuamente exclusivos de parte del sub-sistema clave, la separación en el tiempo es posible cuando un requerimiento existe dentro de un periodo y a la vez está ausente en otro intervalo de tiempo.
- *Separación en el espacio*: si existen requerimientos mutuamente exclusivos, los cuales son demandados por el sub-sistema clave, es posible realizar una separación en el espacio. Este caso puede ser cuando un requerimiento existe en un lugar y está ausente en otro.
- *Separación entre el todo y sus partes*: si requerimientos mutuamente exclusivos son demandados por el sub-sistema clave, la separación entre el todo y sus partes es posible cuando un requerimiento existe (tiene un valor) en el nivel del sub-sistema clave, pero no existe (tiene valor opuesto) en el nivel del sub-sistema, y/o sistema, y/o súper-sistema.
- *Separación de acuerdo a condiciones*: si el sub-sistema clave demanda requerimientos que sean mutuamente exclusivos, la separación de acuerdo a condiciones es posible si un requerimiento existe bajo una condición y está ausente bajo otra condición.

#### Primera contradicción física.

Retomando las contradicciones establecidas con anterioridad en la elaboración del QFD y análisis funcional, se tiene que la primera contradicción física (ecuación 2) del sistema es la siguiente:

*Defectos en el color del producto vs Defectos en el material del producto .....Ec. 2.*

Esta contradicción surge debido a que se requiere que el color y material del producto no tengan defectos. Sin embargo, el que el color quede bien depende de qué tipo de material se use. El principio de separación que soluciona la contradicción es el principio de separación de acuerdo a condiciones, ya que se requiere que el color y material del producto no tenga defectos. Sin embargo, el que el color quede bien depende de qué tipo de material se use. Por lo que el principio anterior se acopla a la contradicción.

Para probar lo anterior, se ingresó en el software CREAX la contradicción y el resultado es el que se muestra en la imagen 3.12 a continuación.

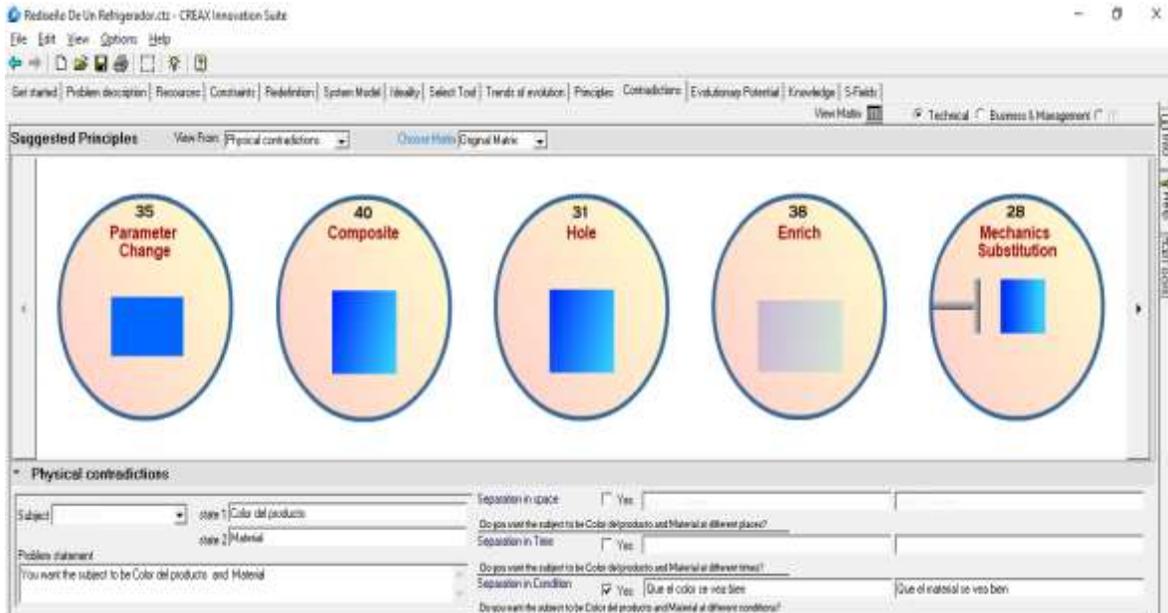


Figura 3. 12: Solución a primera contradicción física en CREAX.

Como resultado de la contradicción planteada anteriormente, el software CREAX establece que los principios de inventiva que solucionan la contradicción son: el principio 35, 40, 31, 38, 28 y 32. Sin embargo, estos se analizaron y se seleccionaron los más adecuados; por lo tanto, los principios que solucionan la contradicción son:

*Principio 35: Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto.*

- Cambiar un estado de un objeto, concentración de densidad, grado de flexibilidad, temperatura.

*Principio 31: Uso de material poroso.*

- Hacer un objeto poroso o usar elementos porosos adicionales (insertos, cubiertas, etc.).
- Si un objeto ya es poroso, llenar sus poros con alguna sustancia

*Principio 40: Materiales compuestos.*

- Reemplazar materiales homogéneos con materiales compuestos.

*Principio 32: Cambio de color.*

- Cambiar de color de un objeto o sus alrededores.
- Cambiar el grado de translucidez de un objeto o sus alrededores.
- Usar aditivos coloreados para observar objetos o proceso difíciles de ver.

### **Segunda contradicción física.**

La segunda contradicción física es la siguiente:

*Burlete Vs. Cuerpo.....Ec. 2*

Esta contradicción surge debido a que se requiere que el burlete se pegue al cuerpo con fuerza, pero a la vez es necesario que no se adhiera tanto para que no se tenga que aplicar demasiada fuerza al abrir la puerta. El principio de separación que soluciona la contradicción es el principio de separación el tiempo, ya que se requiere que el burlete se pegue con fuerza al cuerpo cuando la puerta del refrigerador se cierra y permanece cerrada, y por otro lado, que cuando se quiere abrir la puerta el burlete se despegue del cuerpo sin hacer demasiada fuerza.

Con lo descrito en el párrafo anterior, se ingresó en el software CREAX la contradicción y el resultado es el que se muestra en la imagen 3.13 a continuación.



Figura 3.13: Solución a segunda contradicción física en CREAX.

Como es posible observar en la imagen 3.13, los principios de innovación que solucionan la contradicción del burlete vs cuerpo son: principio 15, 10, 19, 26 y 16. Sin embargo al analizar cada principio, se seleccionaron los más acordes para la resolución de la contradicción, estos son los siguientes:

*Principio 15: Dinamicidad.*

- Hacer que las características de un objeto, o el ambiente externo, se ajusten de manera automática.
- Dividir un objeto en elementos que se puedan cambiar de posición relativa entre sí.
- Si un objeto es inamovible, hacerlo movable.

*Principio 10: Acción previa.*

- Realizar la acción deseada con anticipación por completo o al menos de una parte.
- Ordenar los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdida de tiempo.

*Principio 16: Acción parcial o sobrepasada.*

- Si es difícil obtener un 100% del efecto requerido, ejecutar algo de más o algo de menos para minimizar el problema.

### **3.4.5.2 Solución a contradicciones técnicas.**

Continuando con la solución de contradicciones, toca el turno de resolver las contradicciones técnicas. Para ello se utilizan a (a diferencia de las contradicciones físicas) los 40 principios de inventiva, la matriz de contradicciones y los 39 parámetros genéricos. Los primeros dos fueron descritos en apartado del marco teórico, sin embargo, los 39 parámetros no; es por esto que de manera general se en listan en la tabla 3.13 a continuación.

Tabla 3.14: Los 39 parámetros de genéricos. Fuente:(Cortés, 2010).

1. Peso de un objeto móvil	21. Potencia
2. Peso de un objeto estacionario	22. Pérdida de energía
3. Longitud de un objeto móvil	23. Pérdida de sustancia
4. Longitud de un objeto estacionario	24. Pérdida de información
5. Área de un objeto móvil	25. Pérdida de tiempo
6. Área de un objeto estacionario	26. Cantidad de sustancia
7. Volumen de un objeto móvil	27. Fiabilidad
8. Volumen de un objeto estacionario	28. Precisión de la medición
9. Velocidad	29. Precisión de la manufactura
10. Fuerza	30. Factores nocivos actuando sobre un objeto desde el exterior.
11. Tensión / Presión	31. Factores nocivos generados por el objeto
12. Forma	32. Facilidad de fabricación
13. Estabilidad de un objeto	33. Facilidad de uso
14. Resistencia	34. Aptitud a la reparación (repairability)
15. Tiempo de acción de un objeto móvil	35. Adaptabilidad
16. Tiempo de acción de un objeto inmóvil	36. Complejidad del sistema
17. Temperatura	37. Complejidad de control
18. Brillantes	38. Nivel de automatización
19. Energía usada por un objeto móvil	39. Productividad
20. Energía usada por un objeto inmóvil	

**Primera contradicción técnica.**

Para resolver la las contradicciones técnicas se utilizó herramienta contradicciones (*contradictions*) dentro del software CREX. La primera contradicción técnica que se encontró después de realizar el QFD, es la siguiente:

*1. Temperatura en cada división o compartimiento Vs. Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento*

A partir de la formulación anterior de la contradicción, se realiza la conversión de las funciones técnicas a parámetros genéricos (ver tabla 3.13); por lo tanto, la contradicción se establece como la ecuación 3, la cual se muestra a continuación:

*Temperatura (17) Vs. Tiempo de acción del objeto sin movimiento (16).....Ec. 3*

La contradicción se introduce en el software de CREAX y en automático se despliegan los principios de inventiva que puede darle solución a la contradicción; esto es posible verlo en la figura 3.14, en la cual se visualizan los principios inventivos que darán solución a la contradicción planteada.

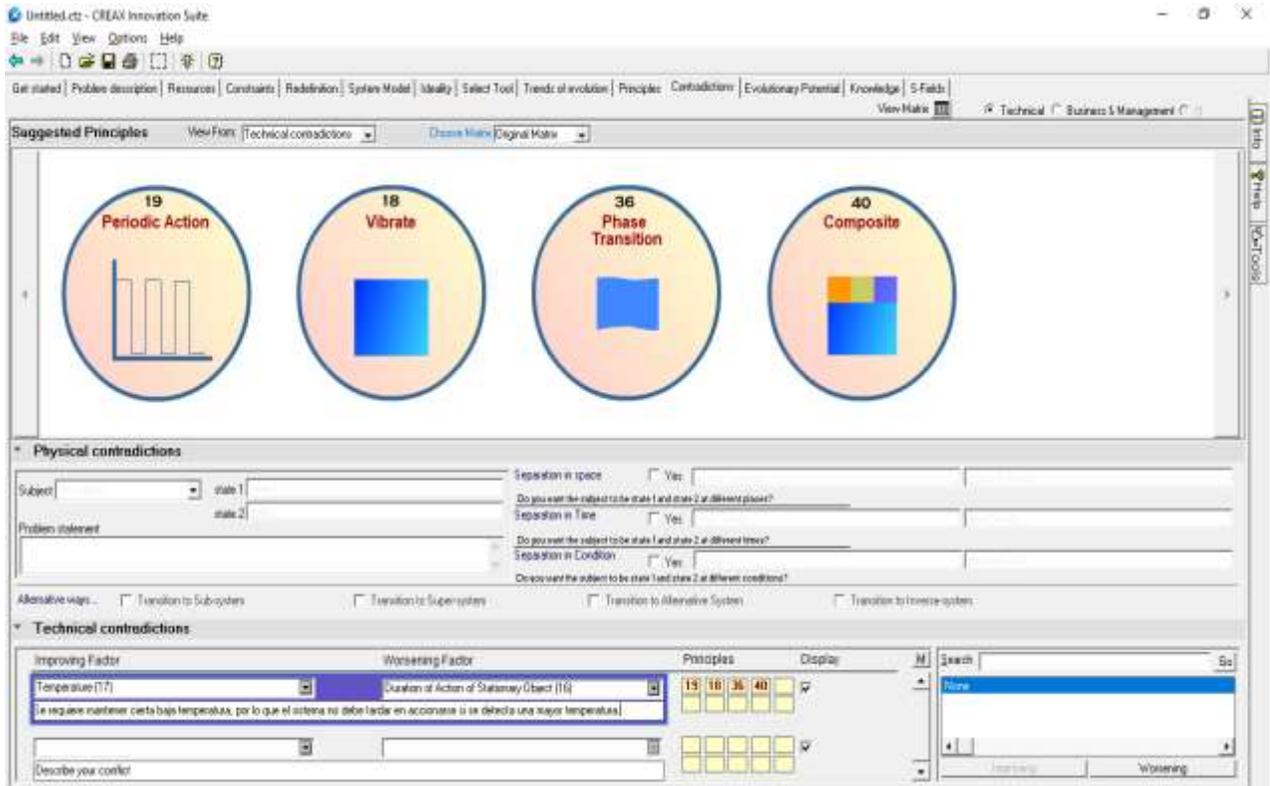


Figura 3.14: Primera contradicción técnica en CREAX.

Como resultado de la contradicción planteada, se tiene que los principios inventivos que pueden solucionar la contradicción son los principios 19, 18, 36, 40, sin embargo, estos se analizan y se seleccionan los más adecuados al contexto del sistema. Por lo tanto, los principios más apropiados para la resolución de la contradicción son los siguientes:

*Principio 19: acción periódica.*

- Reemplazar una acción continua con una periódica, o un impulso.
- Si una acción es periódica, cambiar la frecuencia.
- Usar pausas entre impulsos para dar acción adicional.

**Segunda contradicción técnica.**

La segunda contradicción técnica, es la siguiente:

*Programar distintas temperaturas. Vs. Consumo de energía.*

Realizando la conversión a los parámetros genéricos, la contradicción queda establecida de la siguiente manera (ecuación 4):

*Temperatura (17) Vs. Perdida de energía (22).....Ec. 4*

Al ingresar la contradicción del software de CREAX, los principios inventivos que se despliegan son los que se muestran en la figura 3.15 a continuación:

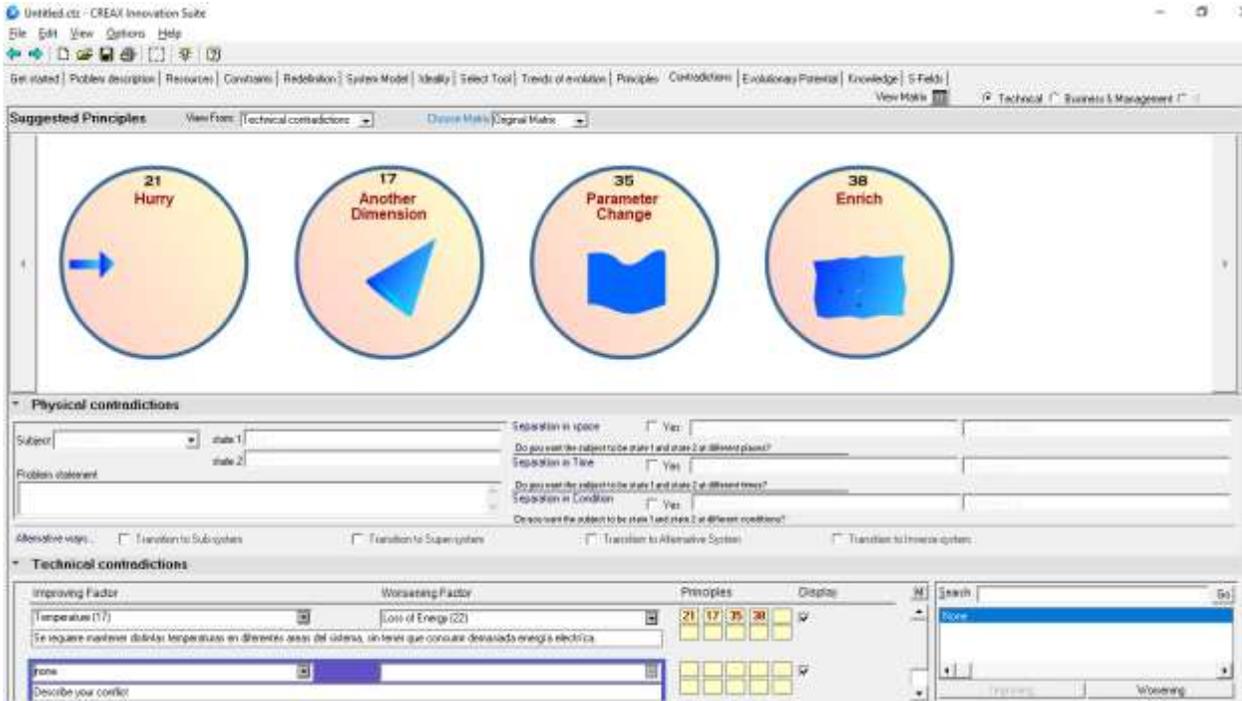


Figura 3.15: Segunda contradicción técnica en CREAX.

Los principios de inventiva que dan solución a la contradicción son los números 21, 17, 35, 38, 2, 14, 17, y 25; sin embargo, se seleccionaron los siguientes:

*Principio 35: transformación de estados físicos y químicos de un cuerpo.*

- Cambiar un estado de un objeto, concentración de densidad, grado de flexibilidad, temperatura.

*Principio 38: uso de oxidantes fuertes.*

- Reemplazar aire normal con aire enriquecido.
- Reemplazar aire enriquecido con oxígeno.
- Tratar al aire u oxígeno con radiaciones ionizantes.
- Uso de oxígeno ionizado.

### **Tercera contradicción técnica.**

La tercera contradicción técnica, se formuló de la siguiente manera:

*Consumo de energía. Vs. Huella de carbono emanada.*

Al realizar la conversión de las funciones técnicas en parámetros genéricos, la contradicción queda descrita de la siguiente manera (ecuación 5):

*Energía gastada por un objeto sin movimiento (20) Vs. Efectos secundarios dañinos (31).....Ec. 5.*

Ingresando la contradicción al software CREAX, se despliegan los principios de inventiva mostrados en la figura 3.16 continuación.

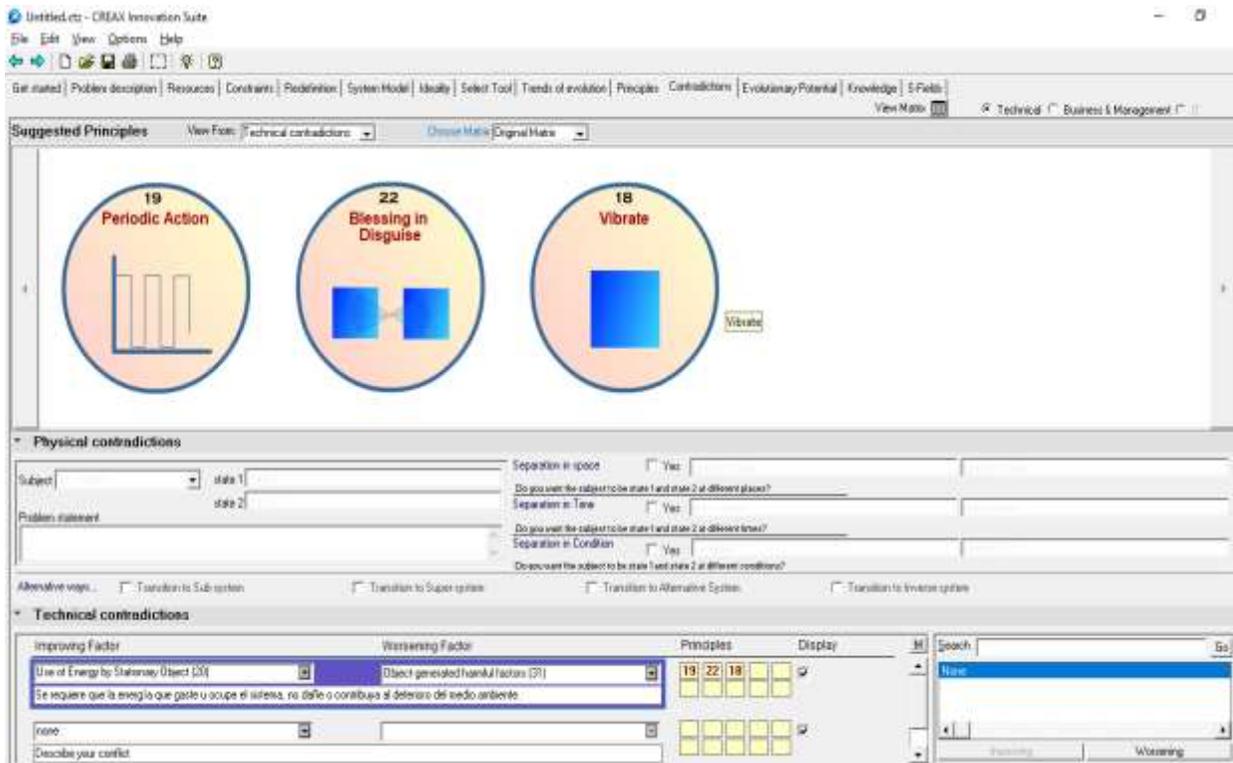


Figura 3.16: Tercera contradicción técnica en CREA X.

Como es posible observar en la figura 3.16, los principios de inventiva los principios de inventiva que pueden dar solución a la contradicción formulada, son los números 19, 22 y 18, sin embargo, los que son más acorde al sistema son los siguientes:

*Principio 19: acción periódica.*

- Reemplazar una acción continua con una periódica, o un impulso.
- Si una acción es periódica, cambiar la frecuencia.
- Usar pausas entre impulsos para dar acción adicional.

*Principio 22: convertir algo malo en benéfico.*

- Utilizar factores o efectos dañinos de un ambiente para obtener efectos positivos.
- Remover un factor dañino agregándolo a otro factor peligroso.
- Incrementar la cantidad de acciones peligrosas hasta que dejen de serlo.

**Cuarta contradicción técnica.**

La cuarta y última contradicción técnica, se formuló de la siguiente manera:

*Medición del volumen (espacio) Vs. Peso.*

Al realizar la conversión de las funciones técnicas en parámetros genéricos, la contradicción queda descrita como en la ecuación 6:

*Volumen de un objeto estacionario (8) Vs. Peso de un objeto estacionario (2).....Ec. 6*

Para darle solución a esta última contradicción, se ingresó en CREAM la conversión de la contradicción. La figura 3.17 a continuación, muestra los principios de inventiva que solucionan la contradicción.

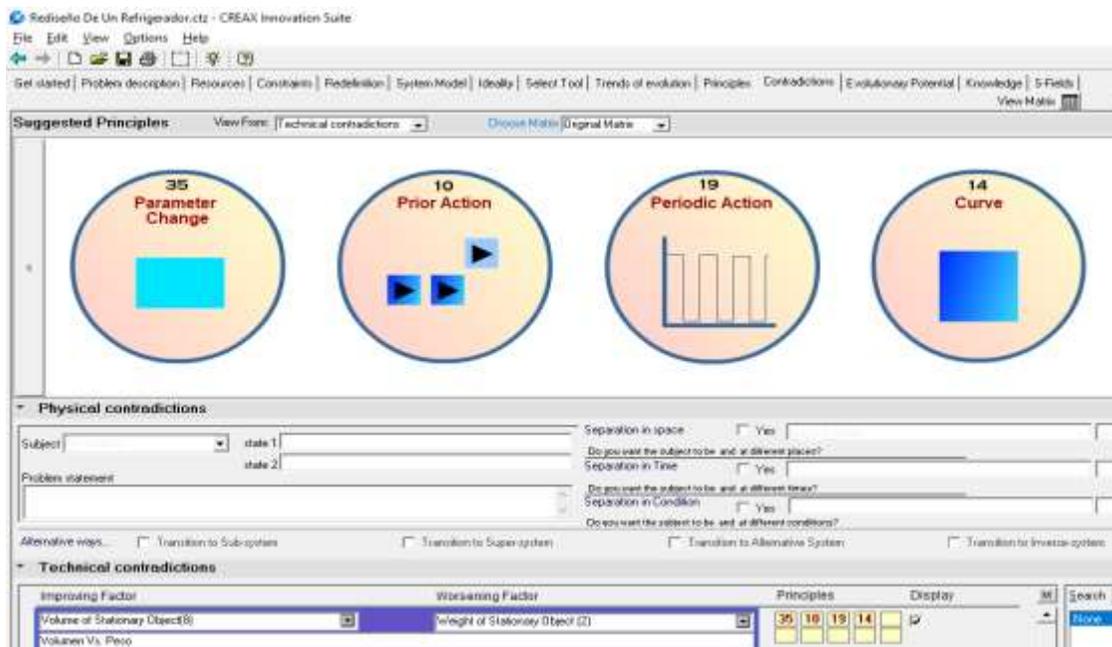


Figura 3. 17: Solución a la cuarta contradicción técnica.

En la figura 3.17 es posible observar los principios de inventiva que pueden dar solución a la contradicción formulada, estos son: principio 35, 10, 19 y 14; sin embargo, se solo seleccionaron los más acordes a la contradicción planteada, los cuales son los siguientes:

*Principio 14: Esfericidad.*

- Reemplazar partes lineales o superficies planas con otras curvadas, formas cúbicas con formas esféricas.
- Usar espirales, pelotas, rodillos.

*Principio 10: Acción previa.*

- *Ordenar los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdidas de tiempo esperando la acción y por otro lado, asegurar la posición más conveniente.*

Los principios anteriores ofrecen un panorama de las posibles soluciones a las contradicciones anteriormente formuladas. Estas servirán para formular la solución conceptual más adelante. En el siguiente apartado, se mostrará la búsqueda de patentes relacionadas con el sistema y a partir de estas se establecerán patrones de evolución.

### **3.4.6 Búsqueda de patentes relacionadas con el sistema.**

Para poder llegar a la última etapa (patrones de evolución) del modelo de resolución de problemas, primero es necesario realizar una búsqueda de patentes relacionadas con el sistema en las distintas bases de datos disponibles, con la finalidad de establecer las tendencias de evolución y visualizar cómo será el sistema en el futuro.

La herramienta que se aplicó para realizar el análisis de patentes fue la vigilancia tecnológica, la cual fue descrita en el capítulo 1.7: Estado del arte. Como se mencionó en el capítulo antes mencionado, para la búsqueda de patente se hizo uso de diversas metodologías de búsquedas de patentes, las cuales son reportadas por USPTO, Espacenet, (Michel, 2006) y por diversas soluciones de software reportadas, entre ellas la más relevante Goldfire Innovator de la empresa IHS (Goldfire, 2018). En la tabla 3.14 a continuación se despliegan algunas de las patentes que más se relacionan con el producto en desarrollo.

Tabla 3.15: Patentes relacionadas con el producto.

<b>No. de documento.</b>	<b>Solicitante y año.</b>	<b>Descripción y relación con el proyecto.</b>
US2018180353A1	Supercooler Tech In (US) 2018	Esta patente describe la utilización de sensores y programación del refrigerador para conservar la temperatura deseada dentro de él. Sin embargo difiere del proyecto en el hecho de que el prototipo a desarrollar tiene tres compartimentos y no uno solo, por lo que cada compartimento tendrá su propia temperatura; además de que no utiliza compresor alguno para generar el frío.
US2018172332A1	Samsung Electronics Co Ltd [Kr] 2018	La invención es similar al Proyecto en la parte de que posee distintos compartimientos, sin embargo, estos no contienen algún tipo de programación y, por otro lado, utiliza un compresor para generar frío; estos puntos difieren con las especificaciones del refrigerador propuesto.
CN207422765U	Hisense Ronshen Gd Refrig Co 2018	El modelo de utilidad describe una planta de refrigeración para vinos, con separaciones entre sus compartimentos, los cuales funcionan de manera similar al proyecto a realizar, sin embargo, se limita solo al almacenamiento de vinos, por lo que difiere del dispositivo a construir.

US2018135911A1	Barnes Teresa [US] 2018	Esta patente expone un aparato de enfriado rápido construido sobre una base que soporta una cámara de enfriamiento. Vale la pena destacar el enfriado rápido, ya que no se contemplaba dentro del proyecto.
US2018128536A1	Whirlpool Co [US] 2018	Esta patente compite con uno de los propósitos del proyecto, el cual es el ahorro energético, sin embargo, la forma en la que se aplica la generación de frío para que dicho ahorro suceda, es diferente.

Las patentes de la tabla anterior, son solo algunas de las patentes analizadas, sin embargo, en total se analizaron 24 patentes (ver tabla 1.2). Los diseños de algunas patentes analizadas, se muestran en la figura 3.18 a continuación.

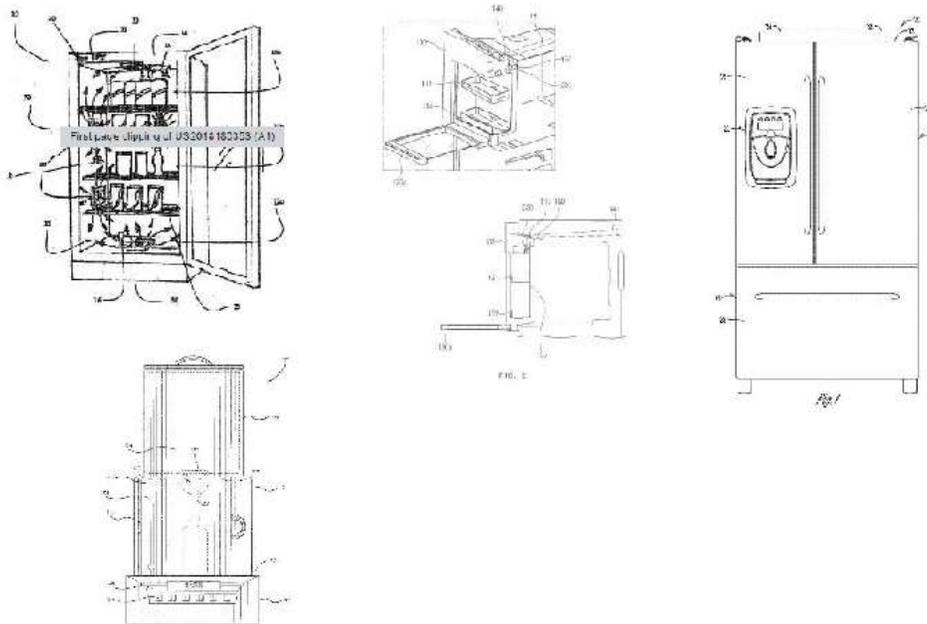


Figura 3.18: Diseños de refrigeradores extraídos de Espacenet. Fuente: (Patent Núm. US2018172332 (A1), 2018), (Patent Núm. US2018180353 (A1), 2018) y (Patent Núm. US2018135911 (A1), 2018).

### 3.4.7 Patrones de evolución.

Como último punto del modelo de resolución de problemas, se encuentra el análisis de las tendencias o patrones de evolución. Esta es otra técnica de TRIZ, la cual se utiliza para predecir las características futuras de los productos en el proceso de evolución. Los patrones de evolución se sustentan en el cuidadoso análisis de las bases de datos de patentes en el mundo.

Estos patrones dentro de la metodología de TRIZ, sirven como soporte para los ingenieros quienes buscan disminuir las posibles direcciones de evolución que tendrá un sistema bajo estudio. De esta manera, se muestran cuáles son los posibles caminos a seguir (Cortés, 2010).

Los patrones de evolución siguen distintas leyes, las cuales pueden ser: leyes estáticas, leyes dinámicas y leyes cinemáticas. Estas están conformadas por distintas leyes, las cuáles se describe a continuación:

### **Leyes estáticas.**

No. 1. *Ley de integridad de componentes de un sistema técnico*: la disponibilidad y la capacidad de trabajo mínima de las partes del sistema, son condiciones imprescindibles en un sistema técnico. Ejemplos de estas partes pueden ser: elemento ejecutivo, tablero de control, motor y transmisión.

No. 2. *Ley de la conductividad de la energía*: el paso de energía por todas las partes del sistema, es una condición imprescindible en un sistema técnico. Si una parte no trabaja, el sistema entero no lo hará.

No. 3. *Ley coordinación del ritmo entre las partes de un sistema técnico*: la coordinación, la frecuencia de oscilación o periodicidad de todos las partes del sistema, es una condición imprescindible del rendimiento total de un sistema técnico.

### **Leyes cinemáticas.**

No. 4. *Ley del incremento del perfeccionamiento de un sistema técnico*: mediante la fiabilidad creciente, simplicidad y eficacia con el menor coste, espacio y gasto de energía, es posible orientar el desarrollo de todos los sistemas hacia el incremento de su idealidad.

No. 5. *Ley del desarrollo desigual de los componentes de un sistema técnico*: por lo general el desarrollo de los elementos del sistema, no sucede uniformemente. La mayor complejidad del sistema, involucra mayor desarrollo no uniforme entre los elementos y sub-sistemas.

No. 6. *Ley de transición hacia un súper-sistema*: la función del sistema se transfiere al súper-sistema como una de sus partes cuando se reducen las oportunidades de desarrollo adicional. De esta manera, el desarrollo adicional continúa en el nivel del súper-sistema.

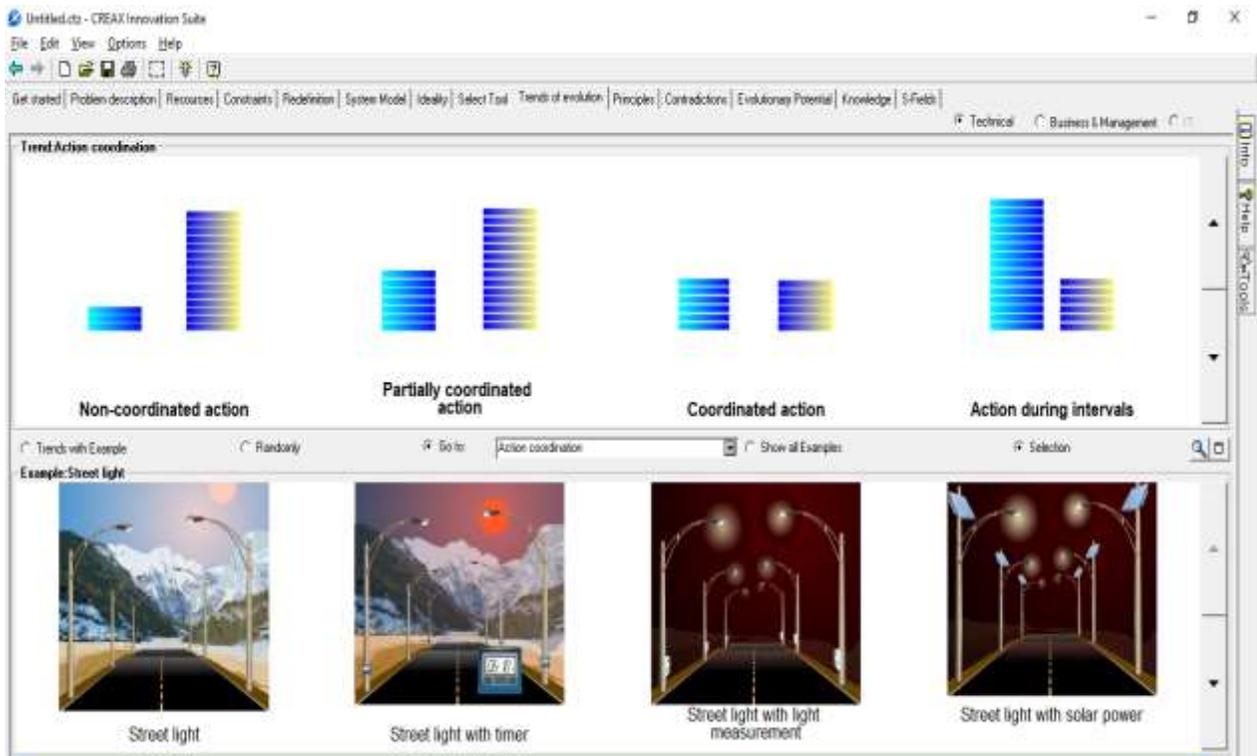
No. 6ª. *Ley de dinamización*: el desarrollo del sistema se lleva a cabo en la dirección del incremento de la movilidad y controlabilidad entre los elementos del sistema agregando conexiones.

### **Leyes dinámicas.**

No. 7. *Ley de transición de un macro hacía un micro nivel*: el desarrollo de un elemento ejecutivo del sistema (herramienta) se enfoca en un principio al nivel macro y posteriormente al micro-nivel.

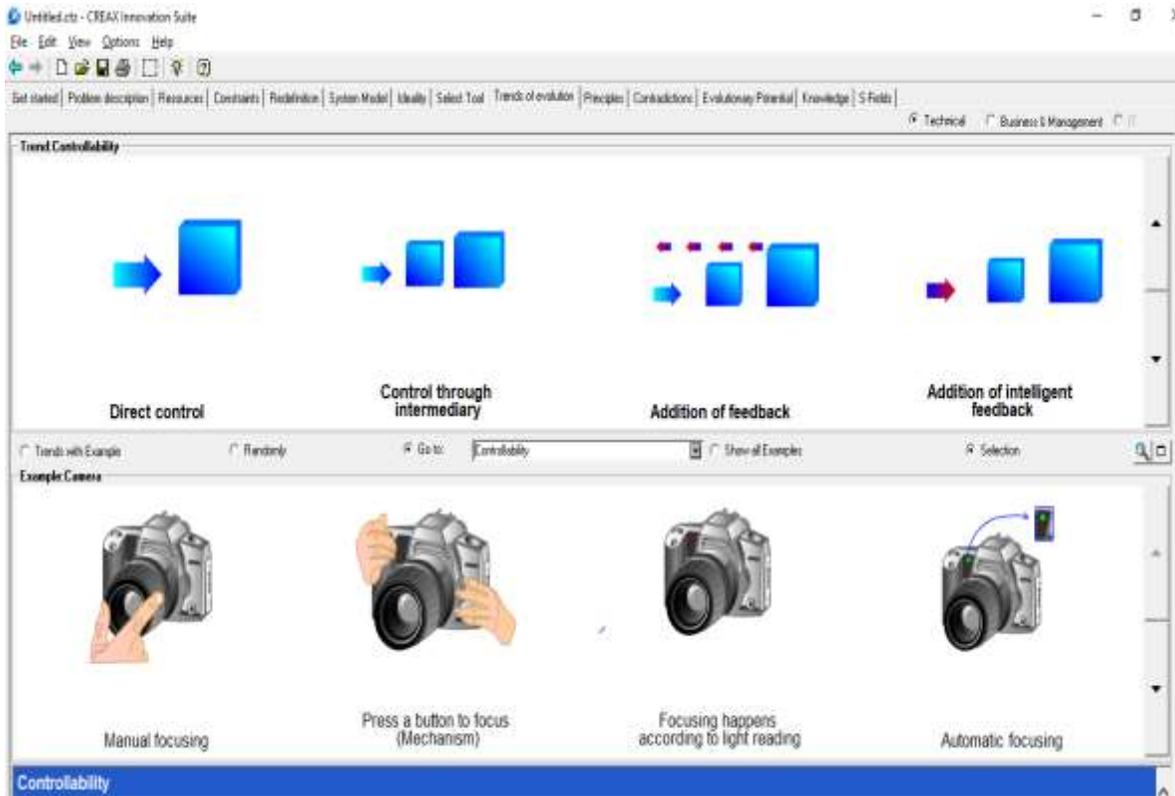
No. 8. *Ley del incremento del nivel de control*: el desarrollo de sistemas técnicos sigue la dirección que se busca incrementar el número de sistemas sustancia-campo y sus conexiones.

Una vez definidas las leyes que siguen los patrones de y analizadas las patentes, es posible establecer los patrones de evolución del correspondientes al caso de estudio, para ello y de igual manera que en puntos anteriores, se utilizó el software CREAX. La primera tendencia de evolución, viene marcada por la ley número 3: *Ley coordinación del ritmo entre las partes de un sistema técnico*. Esto se debe (según las patentes analizadas) a que los sistemas relacionados con el proyecto tienden a coordinar cada vez más sus funciones, ya que cada vez son más los sistemas inteligentes, los cuales requieren precisión y coordinación entre sus distintas funciones para poder operar. La figura 3.15 muestra la primera tendencia evolutiva del sistema con un respectivo ejemplo.



La segunda tendencia evolutiva está marcada bajo la ley No. 4. *Ley del incremento del perfeccionamiento de un sistema técnico*, ya que los sistemas relacionados con el proyecto han ido evolucionando con el paso del tiempo al grado de que cada vez es menos necesario que intervenga una persona para que realice sus funciones, por lo que su uso es más práctico.

La tercera y última tendencia evolutiva está marcada por la ley No.6ª. *Ley de dinamización*, debido a que los sistemas tienden cada vez más a las funciones inteligentes a través de uso de sensores y programación. La figura 3.16 muestra esta tendencia y como ejemplo pone la cámara fotográfica, en la cual anteriormente había que ajustar el enfoque mecánicamente y ahora lo hace en automático.



Las tendencias antes descritas, permiten definir el rumbo hacia dónde dirigir los esfuerzos en el desarrollo del producto. Así mismo, los principios de inventiva que proponen soluciones factibles a las contradicciones, abren un nuevo panorama con el cual será posible generar nuevas ideas, que permitan eliminar los problemas que se presenten en la presente investigación.

### 3.4.8 Propuesta de solución conceptual.

Finalizado el proceso de aplicación del modelo de resolución de problemas de inventiva, es momento de realizar la solución conceptual a los problemas encontrados en el desarrollo del diseño del producto.

La solución conceptual es la formulación de las propuestas de solución a los problemas del caso de estudio, esta solución es una integración de todos los resultados obtenidos después de la aplicación de las herramientas del CAI, el cual se basa en TRIZ.

#### 3.4.8.1 Formulación de la solución conceptual.

Con los resultados obtenidos después del análisis de los principios de inventiva (extraídos las contradicciones encontradas en el sistema), se seleccionaron aquellos que proponen soluciones factibles para el desarrollo del diseño; los principios seleccionados son los siguientes:

*Principio 19: acción periódica.*

- Reemplazar una acción continua con una periódica, o un impulso.
- Si una acción es periódica, cambiar la frecuencia.

*Principio 22: convertir algo malo en benéfico.*

- Utilizar factores o efectos dañinos de un ambiente para obtener efectos positivos.
- Remover un factor dañino agregándolo a otro factor peligroso.

### **Propuesta de solución.**

El sistema requiere que enfríe a distintas temperaturas diferentes compartimientos (dentro del mismo cuerpo, pero separados uno de otro y sea capaz de mantener la temperatura requerida. Ante esto es factible utilizar el principio 19: “acción periódica” ya que se podrán programar periodos de activación y desactivación del kit de refrigeración para mantener la temperatura que se desea en el compartimiento o programar la activación cuando los sensores detecten un cambio de temperatura diferente al establecido. Los recursos que se puede utilizar serán los circuitos electrónicos con su respectiva programación y los sensores de temperatura.

Por otro lado, el principio 22: convertir algo malo en benéfico, aplica al requerimiento de bajo consumo eléctrico y disminución de la huella de carbono, ya que sería posible utilizar factores o efectos dañinos de un ambiente para obtener efectos positivos. Para lograr un bajo consumo se hará uso de un recurso del sistema como lo son las fuentes de poder con los watts suficientes; con una sola se alimentará todo el circuito del sistema, por lo que no habrá la necesidad de utilizar diferentes fuentes de alimentación para llevar a cabo las funciones del sistema.

El uso de las tendencias de evolución concernientes a las leyes No. 3: *Ley coordinación del ritmo entre las partes de un sistema técnico*, ley No. 4. *Ley del incremento del perfeccionamiento de un sistema técnico* y ley No.6<sup>a</sup>. *Ley de dinamización*, permiten orientar el diseño del producto en primer lugar, a realizar el proceso de enfriamiento de manera coordinada con las demás dispositivos; en segundo lugar a manejar la simplicidad, menor espacio y menor gasto de energía y por último, aplicar esfuerzo en volver inteligente el producto.

### 3.5 Capacidad de volumen (espacio) en los compartimentos del prototipo (restricción de espacio).

Para obtener las medidas o dimensiones que se requiere tenga el prototipo, se utilizó como base las dimensiones de algunos productos que se pretenden almacenar dentro de cada uno de los compartimentos y la capacidad de enfriamiento de la celda peltier en espacios amplios, es decir, en espacios de no más de 50 L (Godoy, 2016). Para fines de prueba del prototipo se estimaron las dimensiones, a través de las medidas de los siguientes productos:

- Botellas de vino tinto de 750 ml (máximo 3 botellas en horizontal), ya que es el tamaño estándar (vinetur.com, 2016).
- Botellas de un litro de agua (máximo 3 botellas en horizontal).
- Frutas como las siguientes: manzana, naranjas, peras, plátano, entre otras frutas de tamaño pequeño.

#### 3.5.1 Dimensiones de la botella de vino.

Para estimar las dimensiones de las botellas de vino de 750 ml, se utilizaron tres modelos distintos los cuales se muestran en la tabla 3.16 a continuación:

Tabla 3.16: Dimensiones de botellas de vino de 750 ml. Fuente: Expotierra Spain (2015).

<i><b>Tipo de botella</b></i>	<i><b>Alto o largo</b></i>	<i><b>Ancho o diámetro</b></i>	<i><b>Promedio de alto o largo</b></i>	<i><b>Promedio de ancho o diámetro</b></i>
Bordelesa Europa	294.5 mm o 29.45 cm	74.6 mm 7.46 cm	307.5 mm o 30.75 cm	785 mm o 7.85 cm
Bella	322 mm o 32.2 cm	76.3 mm o 7.63 cm		
Beta burgona	306 mm o 30.6 cm	84.5 mm o 8.45 cm		

Con las medidas anteriores es posible determinar las medidas de uno de los compartimientos del prototipo del refrigerador. Por lo tanto, las medidas serían las siguientes:

- Alto =  $7.85 \pm 5$  cm.
- largo =  $30.75 \text{ cm} \pm 1.5$  cm.
- Ancho =  $7.85 \text{ cm} \times 3 \text{ botellas} = 23.5 \text{ cm} \pm 3$  cm de ancho.

### 3.5.2 Dimensiones de la botella de agua.

Para el caso de la estimación de las dimensiones de botellas de agua, se utilizaron las medidas de las botellas de 1L de agua. Para ello, se seleccionaron tres modelos de botella diferentes y se midieron tanto su altura o largo como su diámetro o ancho; estas medidas se presentan en la tabla 3.17.

<i><b>Tipo de botella</b></i>	<i><b>Alto o largo</b></i>	<i><b>Ancho o diámetro</b></i>	<i><b>Promedio de alto o largo</b></i>	<i><b>Promedio de ancho o diámetro</b></i>
Botella de agua 1L "Bonafont"	24.3 cm	7.2 cm	25.6 cm	7.23 cm
Botella de agua 1L "Epura"	27.5 cm	7 cm		
Botella de agua 1L "Ciel"	25 cm	7.5 cm		

Con las medidas de las botellas de agua mostradas en la tabla 3.17 es posible determinar las medidas de uno de los compartimientos del prototipo del refrigerador. Por lo tanto, las medidas podrían ser las siguientes:

- Alto =  $7.23 \pm 5$  cm
- largo =  $25.6 \text{ cm} \pm 1.5$  cm.
- Ancho =  $7.23 \text{ cm} \times 3 \text{ botellas} = 21.92 \text{ cm} \pm 3$  cm de ancho.

### 3.5.3 Medidas del prototipo.

Con los datos presentados en las tablas 3.16 y 3.17 se determinaron las medidas que deben tener los compartimentos del prototipo y el cuerpo en general. Para ello se decidió utilizar como base las medidas de las botellas de vino, ya que son un poco más grandes que las botellas de agua y por otro lado, hacer cada compartimiento acorde a las medidas del producto a almacenar, haría que el prototipo quede desproporcionado

En el caso de las medidas de frutas, estas no se consideraron ya que los tres compartimentos tendrán medidas iguales, y al ser las medidas de las botellas la base, no se tomaron en cuenta las medidas de las frutas. Por lo tanto las medidas de los compartimientos serán:

- Medidas de cada compartimiento
  - Altura = 18 cm  $\pm$  2 cm.
  - Largo o profundo = 38 cm  $\pm$  2 cm.
  - Ancho = 33 cm  $\pm$  2 cm.
  - Volumen del compartimiento = 28,000 cm<sup>3</sup> = 28 L.
  - Capacidad de almacenamiento por los tres compartimiento = 84 L

Por otro lado, las medidas del prototipo en general, es decir, del cuerpo, se basan en las medidas de los compartimientos, por lo que las medidas serán las siguientes:

- Medidas del cuerpo:
  - Altura = 85 cm
  - Ancho = 41 cm
  - Largo o profundo = 60 cm
  - Volumen del prototipo = 201,690 cm<sup>3</sup> = 201.690 L

La figura 3.19 a continuación muestra las medidas que tendrá el prototipo. Por otro lado la figura 3.20 muestra las medidas de los compartimientos.

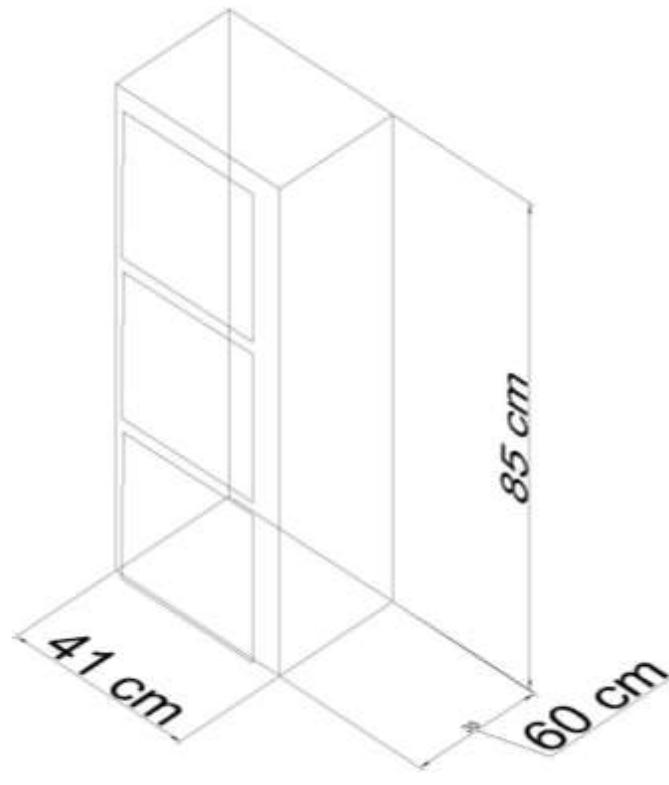


Figura 3.19: Medidas en centímetros del cuerpo del prototipo.

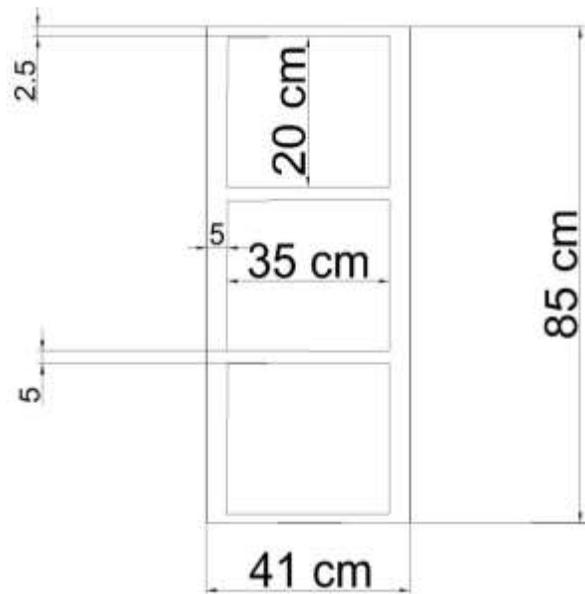


Figura 3.20: Medidas en centímetros de los compartimientos del prototipo.

### 3.5.4 Consumo de energía de los compartimientos por litro.

El consumo de energía por litro es una medida indirecta de la eficiencia de los aparatos de refrigeración comercial autocontenidos y se determina a través de la división del consumo de energía en 24 h de un aparato (Wh) y el volumen del espacio a refrigerar en litros. La medida se expresa en Wh/L (DOF, 2014).

Para calcular el consumo de energía por litro de los compartimientos se utilizaron los siguientes datos:

- Consumo de energía de la celda peltier = 72 W x 2 celdaa por compartimiento = 114W.
- Volumen del compartimiento = 12.870 L.
- Tiempo = 24 h.

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$Wh/L = \frac{W * h}{L}$$

Dónde:

- W = Watts.
- h = Horas.
- L = Litros

Sustituyendo los valores en la formula anterior, se tiene que:

$$Wh/L = \frac{114 * 24}{12.870} = 212.58 \text{ Wh/L}$$

El valor obtenido a través de la ecuación anterior servirá para determinar si el prototipo cumple o no con normas de operación establecidas en México.

### 3.7 Normas de operación del prototipo.

Los sistemas de refrigeración, en este caso refrigeradores, deben cumplir con ciertas normas de eficiencia energética, límites, métodos de pruebas, entre otros aspectos. En México, la norma que establece estos parámetros es la NOM-015-ENER-2018, Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado, así como también la NOM-022-ENER/SCFI-2014, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Para verificar que el prototipo del refrigerador a realizar cumple con las normas establecidas por la NOM-015-ENER-2018, y la NOM-022-ENER/SCFI-2014 se realizó la tabla 3.17, en la cual a modo de checklist se establece si el prototipo cumple o no cumple con los criterios descritos en las norma. Cabe destacar que en la tabla solo se exponen los criterios afines al proyecto.

Tabla 3. 17: Normas y criterios de operación de refrigeradores. Fuente: DOF (2014).

<b>Norma</b>	<b>Criterio</b>	<b>Cumple (si/no)</b>
NOM-015-ENER-2018	No aplica	No aplica
NOM-022-ENER/SCFI-2014	Enfriador Horizontal con una o más puertas.	Sí
	Capacidad mínima 50 L	Sí
	Accesorios	No
	Aislamiento principal	Sí
	Aislamiento reforzado	No
	Aparato autocontenido (incluye en gabinete un circuito de refrigeración)	Sí
	Circulación forzada de aire	Sí
	Congelador	No
NOM-022-ENER/SCFI-2014	Límite de consumo de	Sí

	energía por litro = 4,362.6 KW/L	
	Control de temperatura	Sí
	Cuerpo	Sí
	Doble aislamiento	No
	Placa fría	Sí
	Refrigerante	No
	Temperatura comprendida entre 2°C-15°C	----
	Tensión $\leq$ 42V	Sí

Las normas y criterios anteriores permiten visualizar el panorama de cómo se encuentra hasta ahora el desarrollo del prototipo. Para los criterios que no se cumplen, será posible cumplirlos en el futuro ya que se pretende darle continuidad al proyecto, ya que es necesario que para una futura comercialización el proyecto cumpla satisfactoriamente con las normas establecidas, al menos en México.

### 3.6 Diseño mecánico del prototipo.

El diseño mecánico del prototipo se elaboró utilizando el software de Auto-CAD, versión 2016. Como base para el diseño se tiene una caja con separaciones como la que se muestra en la Figura 3.21. Las separaciones estarán aisladas térmicamente una de la otra, cada una con un arreglo de ventiladores y celdas Peltier (kit de refrigeración) para poder tener un control de la temperatura en cada compartimento. Cada espacio deberá tener un sensor de temperatura instalado o termostato, y dos kits de refrigeración, los cuales controlarán la temperatura; por lo tanto, cada compartimento será capaz de enfriar por lo menos hasta 1 litro de agua a la temperatura que se desee.

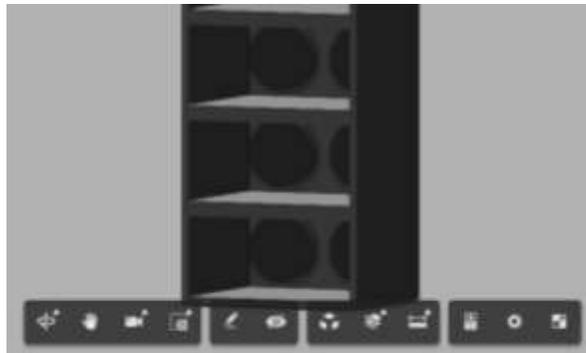


Figura 3.21: Diseño mecánico del prototipo básico. Fuente: Aguirre (2017).

Se tiene previsto que haya un recubrimiento de aislante térmico que será espuma de espuma de poliuretano o espuma de polietileno, entre cada compartimento y también de los contenedores con el exterior. El poliuretano sería una de las mejores opciones por su relativo bajo costo y su gran eficacia como aislante, una capa de grosor de al menos 4cm, será un excelente aislante, al igual que se usa en los tanques de los calentadores solares de agua. Se deberán fabricar tapas que tengan un buen sellado.

La figura 3.22 a continuación muestra el modelo en 3D del producto con la visualización que tendrá el material del cuerpo del producto, el cual es lámina galvanizada. Este material se seleccionó debido a que tiene buena estética y es liviano, además de que no es propenso a la oxidación y es económico.

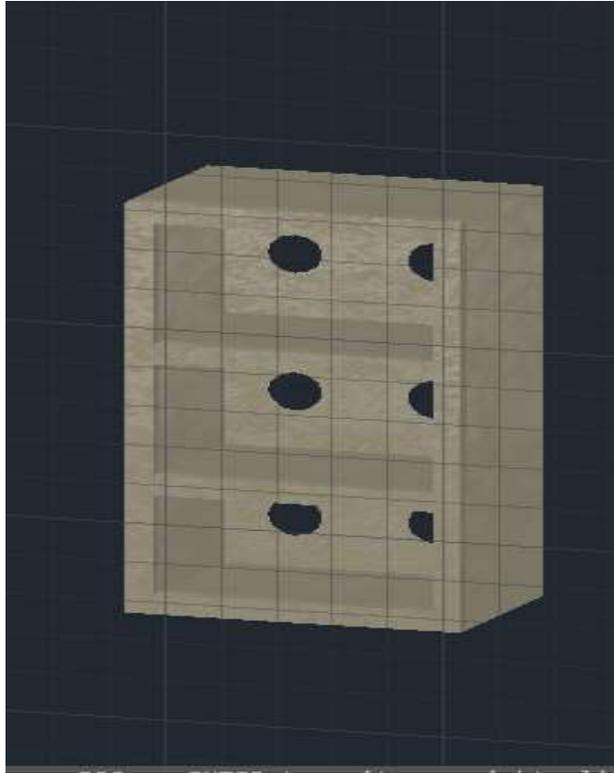


Figura 3.22: Vista frontal del refrigerador.

Las medidas que tendrá el cuerpo son las descritas en el subtema anterior: 41 cm de ancho, 60 cm de profundidad y 85 cm de altura. Por otro lado las medidas de cada compartimiento serán de 35cm de ancho, 40 cm de profundidad y 20 cm de altura. Estas medidas fueron establecidas de acuerdo a la restricción de la cantidad de botellas a almacenar en el compartimiento, así, como sus medidas y la capacidad de enfriamiento de la celda peltier en espacios demasiados amplios.

La figura 3.23 despliega la vista trasera del refrigerador en donde es posible observar las aberturas que tendrá el cuerpo, en las cuales se colocaran los kits de refrigeración (dos por cada compartimiento) y sensores de temperatura o termostato. Así mismo se colocará en la parte de abajo un pequeño recuadro para almacenar la fuente de poder.

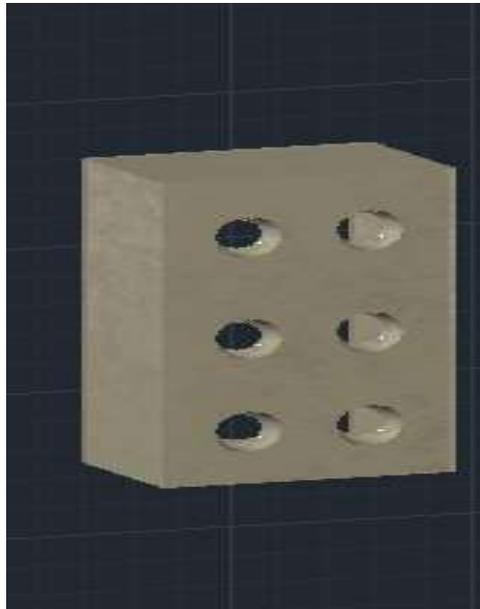


Figura 3.23: Vista trasera del refrigerador.

La siguiente figura (figura 3.24) muestra el diseño que tendrá la puerta y cuyo material será igual al del cuerpo (lámina galvanizada). Las medidas serán: 41 cm de ancho, 60 cm de alto. Así mismo es posible observar la manija y el espacio que ocupará el vidrio. La puerta estará adherida al cuerpo a través de bisagras y sellará en el cuerpo por medio del contacto entre el burlete o empaque y el cuerpo.

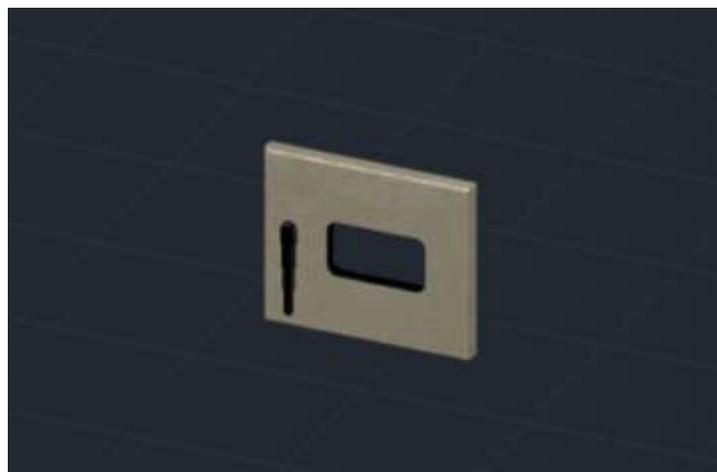


Figura 3.24: Puerta del refrigerador.

### 3.6.1 Restricciones de operación del prototipo.

Para poder seleccionar los materiales o piezas que contendrá el prototipo, se establecieron restricciones, las cuales ofrecen un panorama de hasta dónde deben operar cada pieza. A continuación se describen los criterios de operación que deben cumplir los principales materiales para la selección.

#### **Celda peltier.**

Para seleccionar el tamaño adecuado de la celda peltier, es necesario que esta cumpla con lo siguiente:

- Consumo de energía máximo: 75 W.
- Capacidad de enfriamiento mínima: 5 ° C.
- Voltaje de operación máximo: 15 V
- Corriente máxima: 15 A.

La celda peltier descrita en el apartado 2.2.4.2 del marco teórico, cumple con las características descritas en el párrafo anterior, por lo que se seleccionó la celda peltier de 40x40x3.8 mm, ya que una celda más pequeña tiene una capacidad de enfriamiento menor, por lo que el volumen de enfriamiento también es menor. Sin embargo, para poder enfriar el espacio que se requiere, es necesario colocar al menos dos celdas peltier con sus respectivos ventiladores, los cuales harán circular el frío dentro de los compartimientos.

#### **Sensor de temperatura:**

El sensor de temperatura que se instalará en el prototipo, debe de cumplir con las siguientes características:

- Rango de detección de temperatura mínimo: -50 a 100 °C.
- Resistencia a la humedad.
- Precisión mínima: 0.20
- Resistencia a la oxidación.

**Tarjeta arduino:**

La tarjeta arduino debe cumplir con las siguientes características para poder seleccionarla como mejor opción:

- Voltaje de operación: 12 – 14 V.
- Más de 20 entradas/salidas (E/S).
- Memoria Flash mayor a 150 Kb.
- Velocidad de reloj mayor a 10 MHz.

**3.6.2 Selección de los componentes principales.**

Los componentes que se seleccionaron para ser instalados dentro del prototipo, siguiendo las restricciones establecidos en el punto anterior, son los siguientes:

- Celda peltier de 40x40x3.8 mm.
- Arduito Mega.
- Sensor de temperatura PT100.

Con estos componentes será posible cumplir satisfactoriamente con los criterios antes mencionados y harán que el sistema funcione correctamente.

**3.6.2 Piezas del prototipo.**

El prototipo del refrigerador contendrá distintos materiales y piezas, los cuales serán los encargados de realizar las funciones de control y enfriamiento. A continuación, se describirán los elementos más representativos que contendrá el cuerpo del prototipo (ver imagen 3.17), el cual fue descrito en las páginas anteriores.

### Kit de refrigeración.

El prototipo del refrigerador contendrá en el cuerpo los kits de refrigeración, los cuales realizarán la función de enfriamiento. Estos serán distribuidos en los tres compartimientos que conformaran al cuerpo; cada sección tendrá en su interior dos kits de refrigeración como el que se muestra en la imagen 3.23.



Figura 3.25: Kit de refrigeración a implementar en el prototipo.

El kit de refrigeración como el que se muestra en la imagen 3.20, está conformado por diversos elementos, estos son los siguientes:

- Celda peltier de 40x40x3.8 mm.
- Ventiladores de enfriamiento (x2).
- Disipador de calor (x2).
- Tornillos.

Cabe mencionar que los elementos anteriores se tienen que replicar seis veces, ya que se instalaran dos kits de refrigeración por sección (hay tres secciones).

### Sistema de control (placa arduino mega modificada).

Para controlar el enfriamiento que generarán los kits de refrigeración dentro de los compartimientos, se utilizaran una placa mega programada en con arduino. Esta placa será la encargada de mandar los pulsos de activación a los kits cuando el sensor de temperatura detecte perdida de enfriamiento (aumento de temperatura). La imagen 3.24 muestra la placa que se instalará en el prototipo.

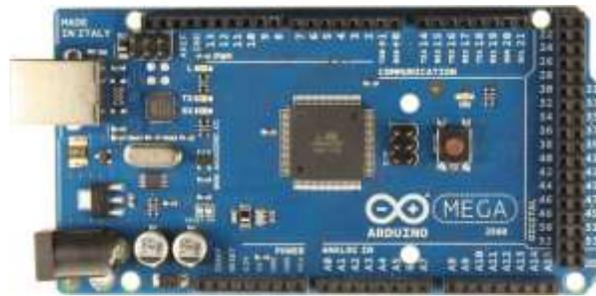


Figura 3.26: Placa arduino a instalar.

### **Pantalla LCD gráfica.**

Para poder visualizar la temperatura de enfriamiento en los compartimientos, se utilizará una pantalla LCD. En esta se desplegará la información de los grados centígrados existentes en las secciones; con ello será posible tener un mejor control de la temperatura que se desea. Cabe mencionar que solo se utilizará una pantalla, ya que utilizar más de una complica el desarrollo del prototipo.

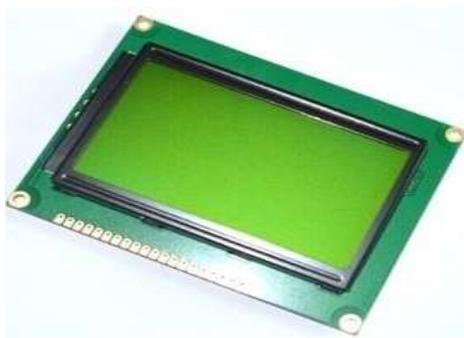


Figura 3.27: Pantalla LCD.

### **Sensor de temperatura PT100.**

Para poder medir la temperatura y que el sistema detecte un cambio de esta en los compartimientos, se instalara un sensor de temperatura PT100 en cada compartimiento. Al detectar los sensores cambios en la temperatura del compartimiento, se activará el kit de refrigeración para disminuir la temperatura en caso de que se incremente.



Figura 3. 28: Sensor PT100

### 3.7 Validación del diseño mecánico del prototipo.

Para poder realizar la validación del diseño del prototipo y asegurar que este cumpla con los requerimientos necesarios, se efectuó una evaluación técnica del diseño; para esto se retomaron las demandas primarias con mayor grado de importancia para el cliente, según los resultados que se obtuvieron después de aplicar las herramientas AHP y QFD.

Las demandas primarias extraídas del cliente y ponderadas a través de la aplicación del AHP que se consideraron para efectuar la evaluación del diseño son las siguientes:

- Conservar.
- Enfriar.
- Tamaño.
- Estética.
- Proteger.
- Eficiencia.

Otro de los factores que se consideraron para realizar la evaluación del prototipo fueron los requerimientos técnicos o demandas secundarias que se plantearon durante el desarrollo del QFD, sin embargo, se replantearon alguno de ellos para que pudieran ser evaluados siguiendo como pauta el diseño elaborado en AutoCAD. Para que el diseño sea validado, debe cumplir con el mayor número de requerimientos de la mejor manera posible. La tabla 3.15 muestra las demandas primarias y requerimientos técnicos que se utilizaron para la evaluación del diseño.

Tabla 3.18: Demandas primarias y requerimientos técnicos.

<b>Demanda primaria.</b>	<b>Demanda secundaria (requerimientos técnicos).</b>
<i>Conservar.</i>	Mantener propiedades.
	Reducir tiempo de descomposición.
	Temperatura ideal.
<i>Enfriar.</i>	Regular temperatura.
<i>Tamaño</i>	Dimensiones.
	Peso liviano.
	Divisiones.
<i>Estética.</i>	Colores.
	Materia.
<i>Proteger.</i>	Suciedad.
	Animales.
<i>Eficiencia</i>	Bajo consumo de energía.
	Ahorro de energía.
<i>Atributos Kano</i>	Ecológico.
	Variación de temperatura en cada compartimiento.

Un último aspecto que se utilizó para llevar a cabo la evaluación técnica del diseño del prototipo fueron las medidas de desempeño; al igual que los otros factores de evaluación, las medidas fueron establecidas durante la aplicación del QFD. Las medidas de desempeño pueden ser calificadas o comparadas con el diseño mecánico o conceptual elaborado en AutoCAD, ya que es posible determinar a través de esto, si el diseño satisface con mayor eficiencia algún requerimiento técnico.

La tabla 3.20 a continuación muestra un comparativo de los requerimientos técnicos y medidas de desempeño, y manera de checklist si el diseño cumple o no con los requerimientos.

Tabla 3.19: Evaluación del diseño en AutoCAD contra las demandas exigidas y medidas de desempeño.

Demandas Exigidas	Medidas de desempeño	El diseño cumple con el requerimiento (✓).
Mantener propiedades	Variación en las propiedades de los productos almacenados.	✓
Reducir tiempo de descomposición	Tiempo que tarda en descomponerse un producto almacenado.	
Regular temperatura	Graduación de temperatura variable.	✓
Dimensiones	Volumen.	✓
Peso liviano	Ligero.	✓
Divisiones	Independencia entre compartimentos.	✓
Colores	Detección visual atractiva.	✓
Material	Detección visual atractiva.	✓
Suciedad	Protección que ofrece el refrigerador ante la suciedad del exterior.	✓
Animales (insectos, roedores).	Protección que ofrece el refrigerador contra los animales.	✓
Bajo consumo	Kw/h consumido.	
Ahorro de energía	Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento.	✓
Ecológico	Impacto que genera en el medio ambiente.	✓
Temperatura diferente en cada sección	Variación de temperatura en cada compartimiento.	✓

La evaluación realizada a modo de checklist en la tabla 3.16, ayuda a visualizar un panorama más amplio de relación existente entre el diseño presentado en apartados anteriores y las demandas exigidas por el cliente, así como también los requerimientos técnicos y medidas de desempeño establecidos durante la aplicación del QFD.

A través de la comparación realizada, es posible afirmar que el diseño mecánico del prototipo realizado en AutoCAD es válido, ya que cumple 12 de los requerimientos técnicos de un total de 14. Ante esto es posible continuar con la construcción física del prototipo.

## CAPÍTULO IV. CONSTRUCCION Y PRUEBAS AL PROTOTIPO.

Una vez finalizado el diseño conceptual y mecánico del prototipo, es momento de construirlo y realizar las pruebas de funcionamiento. La finalidad de construir físicamente el prototipo es comprobar que el diseño es factible, práctico, tiene buen aspecto, funcional en términos técnicos, entre otros aspectos.

### 4.1 Construcción del prototipo.

El prototipo fue construido utilizando lámina galvanizada en su estructura, es decir, el cuerpo, así como placas de espuma de poliuretano como aislante térmico. El ensamblado de las partes ocupó diversos tamaños de lámina, por lo que se tuvo que recurrir a un establecimiento especializado para poder obtener las piezas. Cabe mencionar, que estas placas están sujetas a una estructura de tubos cuadrados, los cuales tienen la ventaja de ser resistentes y soldar las partes es más fácil (Reyes, 2017). En la figura 4.1, es posible observar la estructura de tubos cuadrados que da forma al cuerpo.



Figura 4.1: Estructura del cuerpo del prototipo.

En la figura 4.2 a continuación se observa la estructura de vista en la figura anterior, sin embargo es posible visualizar las placas de espuma que servirán como aislante y por otro lado, es posible ver los tres compartimientos que conforman al prototipo. Por otro lado en la figura 4.3, se observa la vista lateral del prototipo ya con las placas de lámina montadas sobre la estructura y en la figura 4.4, se puede observar los componentes electrónicos que se instalaron dentro de este.



Figura 4.2: Vista frontal del prototipo en construcción..



Figura 4.3: Vista lateral del prototipo en construcción con placas de lámina montadas.



Figura 4.4: Componentes electrónicos instalados dentro del prototipo.

Una vez montadas todas las láminas sobre la estructura y los componentes, se procedió a pintar el prototipo. Finalizado este proceso, el prototipo quedó construido en su totalidad. La figura 4.4 muestra al sistema ya terminado y en la figura 4.5 se visualiza al refrigerador completo desde un ángulo diferente.



Figura 4.5: Prototipo terminado visto desde el frente.



Figura 4.6: Prototipo terminado

#### 4.1.1 Dimensiones reales del prototipo.

Las medidas o dimensiones reales del prototipo una vez que este fue construido (incluyendo las placas aislantes), difieren de las establecidas previamente, debido a que era necesario un poco más de espacio para que el aire que los ventiladores proporcionan al interior de los compartimientos, circulara de manera adecuada; es así que las verdaderas dimensiones del prototipo son las siguientes:

- Compartimientos:
  - Altura = 20 cm.
  - Ancho = 35 cm.
  - Profundidad = 40 cm.

- Cuerpo general:
  - Altura = 85 cm.
  - Ancho = 41 cm.
  - Profundidad = 60 cm

#### **4.1.2 Especificaciones técnicas.**

A continuación se describen en los siguientes puntos, las especificaciones técnicas del prototipo:

- Peso de la unidad: 35.765 kilogramos
- Capacidad de enfriamiento: hasta  $-1^{\circ}\text{C}$ .
- Voltaje de entrada: 120 V – 60 Hz.
- Voltaje de electrónica interna: 12 VCC.
- Potencia: 480 W.
- Capacidad de almacenamiento por los tres compartimientos: 84 L.

#### **4.2 Aplicación de la solución de las contradicciones en la construcción del prototipo.**

En el capítulo anterior se establecieron las funciones del sistema y sus componentes, sin embargo, se encontraron efectos negativos, problemas o contradicciones entre algunas de estas funciones o componentes, es decir, la interacción era inadecuada. Para solucionar estos problemas, se hizo uso de la herramienta TRIZ a través del software CREAX. Dentro de esta aplicación, se formularon las posibles soluciones a las contradicciones planteadas, las cuales resultaron ser las siguientes:

### **Contradicciones físicas:**

- Burlete Vs. Cuerpo.
- Defectos en el color del producto vs Defectos en el material del producto.

### **Contradicciones técnicas:**

- Consumo de energía. Vs. Huella de carbono emanada.
- Temperatura en cada división o compartimento Vs. Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento

#### **4.2.1 Aplicación de la solución a las contradicciones físicas en el prototipo.**

Para la primera contradicción física: *Burlete Vs. Cuerpo*, el principio de inventiva que se siguió al momento de aplicar la solución en la construcción del prototipo fue el siguiente

*Principio 15: Dinamicidad.*

- Hacer que las características de un objeto, o el ambiente externo, se ajusten de manera automática.

Para lograr lo anterior, se utilizó un empaque o burlete cuyos bordes se redujeron un poco para que encajaran con el cuerpo de manera adecuada; por otro lado, se le aplicó un poco de vaselina para que la apertura de la puerta no requiriera tanto esfuerzo.

La aplicación de la segunda solución de la contradicción física: *Defectos en el color del producto vs Defectos en el material del producto*, en la construcción del prototipo, se siguió el siguiente principio de inventiva:

*Principio 32: Cambio de color.*

- Cambiar de color de un objeto o sus alrededores.
- Cambiar el grado de translucidez de un objeto o sus alrededores.
- Usar aditivos coloreados para observar objetos o procesos difíciles de ver.

Siguiendo el principio anterior, se aplicaron capas de color negro al prototipo con la finalidad de que no existieran anomalías entre el color que tiene el material de construcción (las placas de lámina galvanizada) y el propio material. De esta manera, el aspecto visual se vio mejorado y más uniforme.

#### **4.2.2 Aplicación de la solución a las contradicciones técnicas en el prototipo.**

Para la primera contradicción técnica antes mencionada: *Consumo de Energía Vs. Huella de Carbono Emanada*, se siguió el principio de inventiva siguiente en la construcción del prototipo:

*Principio 22: convertir algo malo en benéfico.*

- Utilizar factores o efectos dañinos de un ambiente para obtener efectos positivos.
- Remover un factor dañino agregándolo a otro factor peligroso.

Para lograr lo anteriormente descrito, se hizo uso de las celdas peltier por lo que no se hizo uso de gas (se removió el factor dañino: gas). Por otro lado, la celda utiliza el calor del ambiente en el que está instalada (compartimientos del refrigerador) y de la energía eléctrica que fluya a través de esta para generar frío (se usó el efecto de calor en el ambiente para obtener un efecto positivo: frío).

La aplicación de la segunda solución de la contradicción: *Temperatura en cada división o compartimiento Vs. Tiempo en que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento* en la construcción del prototipo, se siguió el siguiente principio de inventiva:

*Principio 19: acción periódica.*

- Reemplazar una acción continua con una periódica, o un impulso.
- Si una acción es periódica, cambiar la frecuencia.

Con el principio anterior establecido, lo que se hizo al momento de construir el prototipo, específicamente a la programación de las temperaturas en los compartimientos y el tiempo en el que el sistema de enfriamiento se activa, fue establecer pulsos de manera periódica a través de la programación del arduino para que el sistema, al detectar que la temperatura no es la que se requiere, activara el enfriamiento en el refrigerador.

Con lo anteriormente descrito, es posible observar grosso modo la forma en la que las soluciones a las contradicciones planteadas, ayudaron en el proceso de construcción del prototipo de manera física.

### 4.3 Costos generales de fabricación del prototipo (costo unitario).

El costo de fabricación del prototipo abarca la materia prima utilizada, es decir, los materiales necesarios para realizar la construcción, y la mano de obra en la que se incurrió. Cabe destacar que el gasto de fabricación es unitario, por lo que la cantidad pagada es considerablemente alta, sin embargo, si a futuro se inicia una fabricación del prototipo en masa, el costo se verá disminuido.

En la tabla 4.1 a continuación, se despliegan los costos de fabricación del prototipo (costo unitario), los cuales abarcan la materia prima y la mano de obra:

Tabla 4.1: Costos generales de fabricación del prototipo.

<b><i>Materia Prima</i></b>			
<i>Material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unitario o Pieza</i>	<i>Costo Total</i>
Kit de celda	6	\$ 450.00	\$ 2,700.00
Sensor Pt100	3	\$ 42.24	\$ 126.72
Arduino	1	\$ 359.00	\$ 359.00
Pantalla LCD	1	\$ 185.34	\$ 185.34
Microcontrolador	2	\$ 46.55	\$ 93.10
Encoder Rotatorio	1	\$ 17.24	\$ 17.24
Módulo BT	1	\$ 102.59	\$ 102.59
Fuente de poder	1	\$ 899.00	\$ 899.00
Lamina	2	\$ 650.00	\$ 1,300.00
Fusible	6	\$ 2.50	\$ 15.00
Mosfet	7	\$ 12.00	\$ 84.00
Diodo 1N589	20	\$ 1.50	\$ 30.00
Diodo MBR360	10	\$ 3.50	\$ 35.00

Resistencia 1/2W	80	\$ 1.00	\$ 80.00
Manija	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Placa fenólica	4	\$ 85.00	\$ 340.00
Capacitores	2	\$ 4.00	\$ 8.00
<b>Total</b>	148	\$6,434.99	
<b>Mano de obra</b>	\$7,500		
<b>Costo unitario del prototipo</b>	\$13,934.99		

#### 4.4 Pruebas al prototipo.

Las pruebas realizadas al prototipo para realizar los análisis pertinentes, fueron establecidas anteriormente según los requerimientos de los clientes con mayor peso, esto fundamentado en los resultados obtenidos a través del QFD, las pruebas a realizar y sus resultados son las que se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.2: Pruebas realizadas y resultados.

Prueba a realizar	Resultado
Programar distintas temperaturas y medirlas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fue posible programar distintas temperaturas y se hicieron mediciones a los 2, 1 y -1 grados centígrados</li> </ul>
Medición del volumen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Volumen total del prototipo = 84 L</li> </ul>
Medición del peso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peso = 35.765 Kg</li> </ul>
Verificar que las divisiones en el refrigerador sean correctas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las divisiones son correctas</li> </ul>
Inspección de defectos en el color del producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay defectos en el color</li> </ul>
Inspección de defectos en el material.	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay defectos en el material</li> </ul>
Verificar que no entre suciedad del exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escasa acumulación de suciedad, del exterior (esto ocurre al momento de abrir y cerrar los compartimientos)</li> </ul>

Verificar que no entren animales del exterior.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el mes de prueba, no se encontraron agentes extraños.</li> </ul>
Medir el consumo de energía con un wattmetro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía 480 W.</li> </ul>
Medir el tiempo que tarda en accionarse el sistema de enfriamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al instante con un regulador PID.</li> </ul>
Medir la huella de carbono emanada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{CO}_2 = 0.022 \text{ Tn o } 2.2 \text{ Kg}^4</math></li> </ul>
Medir la temperatura en cada compartimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura mínima <math>-1^\circ\text{C}</math></li> </ul>

Las pruebas se realizaron durante 30 días (del 25 de abril al 25 de mayo). Estas se llevaron a cabo en la ciudad de Orizaba. En la figura 4.5 es posible observar la pantalla del prototipo en donde se visualizan las diferentes temperaturas en cada una de los compartimientos o zonas del prototipo, en donde la temperatura más baja es la que corresponde a la zona 2, la cual es  $-1^\circ\text{C}$ .



<sup>4</sup> Medición de la huella de carbono realizada por medio de la calculadora: Carbon Footprint Calculator (Carbon Foot Print, 2018). En esta aplicación solo se introdujo el consumo eléctrico del equipo (480 W) y el país donde se realiza la medición, este último dato con la finalidad de obtener la constante de  $\text{KgCO}_2/\text{KWH}$  para el país (México), la cual es:  $0.4570 \text{ KgCO}_2/\text{KWH}$ .

#### 4.4.1 Análisis de resultados y recomendaciones.

Al analizar el sistema de los diferentes puntos de vista que intervienen en el proceso de creación y diseño de un nuevo producto, se puede decir lo siguiente:

- Desde la perspectiva del usuario, la operatividad del sistema es sencilla, además cumple con la mayoría de las características deseadas por el cliente y por otro lado, cumple con el propósito principal por el cual se diseñó el producto.
- Para el caso de la perspectiva de la construcción o fabricación, esta no fue del todo sencilla ya que, el diseño de los circuitos electrónicos y su correspondiente armado lleva su tiempo, debido a la fragilidad de los mismos y a que en ocasiones por una mala conexión pueden fallar, como en el caso del presente trabajo. Por otro lado, al momento de ensamblar el cuerpo, es necesario que los cortes de las placas y soldaduras queden lo mejor posible, a fin de evitar errores en la parte estética, filtrado de frío por una abertura o piezas que no concuerdan.
- Las pruebas en su mayoría arrojaron resultados positivos, es decir, el prototipo cumple con las demandas del cliente, sin embargo, en el aspecto del peso, este se vio superado según las previsiones realizadas, debido a que, se utilizaron placas de lámina entre las placas de espuma y la placa externa (placa visible) con la finalidad de evitar pérdidas de frío dentro de los compartimientos.
- La prueba de medición de huella de carbono, no se realizó por no disponer del equipo necesario, sin embargo, debido a la naturaleza del prototipo, es decir, la forma en que opera, la emisión de gases de efecto invernadero es mínima, ya que las celdas peltier no necesitan gas refrigerante para producir frío.
- Se planeó instalar una puerta para cada compartimiento (tres en total), pero debido a que los espacios son pequeños, no fue posible instalar las bisagras que son especiales para refrigeradores ya que, su forma no permite que se puedan ajustar a los laterales. Para no afectar el tiempo del desarrollo del prototipo se optó por dejar solo una puerta para todo el cuerpo del refrigerador.

## Recomendaciones y mejoras en el diseño a futuro.

- Durante las pruebas se observaron algunos eventos que no se consideraron al momento de diseñar el producto, como por ejemplo una forma en la cual una persona con discapacidad visual sepa a qué temperatura se encuentra alguno de los compartimientos, por lo que en futuras actualizaciones sería posible instalar un tipo de alarma o tono que indique la temperatura del compartimiento.
- El peso del prototipo excedió lo previsto, esto puede deberse que no se consideró el doble aislamiento en placas de lámina galvanizadas que se utilizó durante la construcción del cuerpo y a que estas son de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de grueso, por lo que se recomienda a futuro buscar materiales más livianos y que aislen el frío adecuadamente.
- Para el caso de las puertas, se recomienda implementar algún tipo de sistema de bisagras que sean capaces de sostener las tres puertas en los compartimientos de manera adecuada.
- Por el lado del ahorro de energía, sería adecuado en el futuro agregar al prototipo un sistema de alimentación independiente, a través de energías alternativas, como la energía solar mediante paneles solares. Estos se encargarían de suministrar la energía eléctrica al refrigerador de manera directa, ya que la mayoría transforma la energía proporcionado por el sol en corriente directa, la cual utilizan los dispositivos electrónicos que conforman el sistema.
- El nivel enfriamiento puede mejorar si en futuras actualizaciones se le añaden más kits de refrigeración (celdas peltier) a cada compartimiento, sin embargo, esto aumentaría la energía eléctrica consumida por el sistema, por lo que se tendría que buscar un equilibrio entre estos elementos.
- En futuros trabajos, sería posible aumentar el tamaño del prototipo a fin de tener más espacio de almacenamiento y hacerlo más parecido a los refrigeradores convencionales, esto sin olvidar el principio de funcionamiento a través de las celdas peltier. Cabe destacar que se tendrían que utilizar mayor número de celdas.
- Es posible realizar diferentes versiones del prototipo o sistema en el futuro, ya que al tratarse de un proyecto tangible, puede haber variaciones en cuanto a su capacidad de almacenamiento (mayor o menor), tamaño, consumo eléctrico, capacidad de enfriamiento, uso de materiales y características

- Los datos correspondientes al costeo y posible fabricación en masa del proyecto, se verán reflejados a futuro en un plan de negocios, el cual está siendo realizado con la finalidad de poder observar la factibilidad de realizar una producción a mayor escala.

## Conclusiones.

El diseño y creación de nuevos productos es un proceso que conlleva diferentes enfoques, por lo cual no es sencillo. En la actualidad, la innovación es un aspecto que muchas organizaciones consideran para mantener su grado de competitividad en el mejor nivel, sin embargo, la generación de nuevas ideas y conceptos es baja, y cuando estos se logran, el método para poder cristalizar la idea no siempre es bien empleado y estructurado.

La integración de las herramientas que asistieron en el proceso de diseño y creación de nuevos productos: AHP, QFD, Análisis Funcional, TRIZ, CAI y CAD, permite que el proceso de conceptualización y materialización de nuevas ideas, sea más centrado y estructurado. Sin embargo, antes de aplicar estas herramientas, es necesario realizar una vigilancia tecnológica a fin de verificar la viabilidad de realizar el producto que se tengan en mente, es decir, que no haya sido realizado anteriormente por alguien más y evitar la infracción de alguna patente y por otro lado, para poder identificar patrones de evolución que permitan potenciar el desarrollo de la idea que se tenga.

Durante el proceso de diseño de nuevos productos es necesario incluir las especificaciones o requerimientos del cliente, por lo que no puede realizarse únicamente con las ideas del equipo de diseño, esto debido a que el producto desarrollado no sería del todo atractivo para el consumidor ya que no contaría con los elementos que este necesita. El uso de las herramientas AHP, QFD y Análisis Funcional durante el proceso asegura en primera instancia que la voz del cliente sea escuchada, es decir, que se integren los requerimientos que este demanda; por otro lado, ayudan a la jerarquización de las demandas según su grado de importancia y por último a la identificación de aspectos negativos entre la ejecución de los parámetros diseñados, que puedan afectar el desarrollo e implementación del nuevo producto.

La función que tuvo TRIZ durante el proceso de desarrollo del nuevo producto, fue la de ofrecer una solución a los problemas de inventiva identificados en el transcurso del presente trabajo. En este punto, se utilizaron los datos obtenidos de las herramientas mencionadas anteriormente, y con ayuda del CAI a través del Software CREAX (basado en TRIZ) se plantearon las soluciones pertinentes a cada conflicto detectado.

De manera específica, el software CREAX asistió durante el desarrollo del producto al momento de identificar de manera correcta los conflictos o contradicciones entre los requerimientos del sistema, ofreciendo una solución a estas y por otro lado, a la delimitación de los patrones de evolución posibles a seguir y los principios de inventiva aplicables al proyecto.

El software de CAD utilizado (AutoCAD), cumplió con la tarea de poder diseñar conceptualmente el prototipo, previamente a su desarrollo físico, es decir, su construcción. Esto permitió visualizar como quedaría al momento de que este estuviera terminado.

El prototipo desarrollado cumple en su mayoría con los requerimientos establecidos por el cliente. Los resultados de enfriamiento son realmente buenos para el tipo de refrigeración que se utilizó (celdas peltier). Por medio de las pruebas establecidas se verificó que las demandas exigidas se cumplieran en su totalidad, sin embargo, lo que respecta al peso del prototipo, este es mayor al establecido.

El trabajo realizado tiene potencial para seguir perfeccionándolo, ya que es un producto que como tal no está disponible en el mercado y debido a su forma de operar es amigable con el medio ambiente, ya que no utiliza gas refrigerante alguno y permite conservar los alimentos a la temperatura que requieren. Así mismo, cumple con los requerimientos exigidos por los clientes y según los estudios realizados, puede ser fácilmente aceptado en el mercado.

## Referencias.

Abaroa, S. (2015). Electrodomésticos y la eficiencia energética. Comparativo de precios lavadoras, pantallas y refrigeradores. Recuperado el 6 de julio de 2018, de Profeco website:

[https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2015/bol305\\_Electrodomesticos.asp](https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2015/bol305_Electrodomesticos.asp)

Acteck. (2010). Fuente de Poder Fuente 500W, Micro ATX, 20+4 pines, 2 SATA Power Supply 500W, Micro ATX, 20+4 pines, 2 SATA (p. 5) [Ficha técnica]. Recuperado de Acteck website: <http://fichastecnicas.pchmayoreo.com/EN-180870-17.pdf>

AFAV. (2009). Association Française pour l'Analyse de la Valour. Recuperado de <http://www.afav.eu/>

Aguilar, J. (2012). Métodos\_de\_conservacion\_de\_alimentos (Primera, Vol. 1). Recuperado de [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico\\_administrativo/Metodos\\_de\\_conservacion\\_de\\_alimentos.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf)

Aguirre, F. (2017). Refrigerador/ Cava Inteligente (control de temperatura). Instituto Tecnológico de Orizba.

Aguirre, J. (2015). Inteligencia estratégica: un sistema para gestionar la innovación. Estudios Gerenciales, 31(134), 100–110. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.07.001>

Akao, Y. (1993). Despliegues de funciones de la calidad QFD. Madrid: TGP Hoshin.

Alsthuller, G. (1999). The Innovation Algorithm (Worcester). Technical Innovation.

Altamira, J. (2012, abril 21). Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. Para qué sirve el QFD y cómo realizarlo. [PDCA - Home]. Recuperado el 21 de octubre de 2018, de <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>

Altshuller, G., & Altov, H. (1996). And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving. Technical Innovation.

Araujo-Moreira, F., & Almeida, R. (2005). TRIZ: La creatividad como una ciencia exacta. La educación de la FÍSICA, 205–209.

Arduino. (2014, octubre 24). Arduino Mega 2560 R3. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos website: <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>

Arian Control & Instrumentación. (2016). PT100, su operación, instalación y tablas. (Informe de operacion de sensor PT100 Núm. 6; p. 6). Chile: ARIAN.

ATEPA. (2010). Libro blanco del poliuretano proyectado (Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado). Recuperado de <http://www.atepa.org/documentos/PUR.pdf>

Barnes, T. (2018). Patent Núm. US2018135911 (A1). Recuperado de [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180517&DB=&locale=en\\_EP&CC=US&NR=2018135911A1&KC=A1&ND=4](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180517&DB=&locale=en_EP&CC=US&NR=2018135911A1&KC=A1&ND=4)

Barrera, A. (2012). Controlador de Temperatura PID, Neuronal y Fuzzy Para Condensar Agua En Una Celda Peltier (Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de [https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/12840/Tesis\\_Agust%C3%ADn%20Barrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/12840/Tesis_Agust%C3%ADn%20Barrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Benavides, O., & León, G. (2008). INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO (p. 102). Recuperado de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales website: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>

Canto, C. (2008). Descripción detallada de un relevador. Presentado en Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Recuperado de [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/6\\_EL\\_RELEVADOR.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/6_EL_RELEVADOR.PDF)

Cara, O. (2013). Diagrama Funcional de un Producto del Ámbito Industrial: Microondas. Presentado en España. Recuperado de

[https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=320139/2013/1/av37\\_caragameroolivia.pdf](https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=320139/2013/1/av37_caragameroolivia.pdf)

Carbon Foot Print. (2018). Carbon Foot Print Calculator. Recuperado de <https://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?lang=es>

CFE. (2018). Tarifas - CFE. Recuperado el 7 de julio de 2018, de Comisión Federal de Electricidad website: [https://app.cfe.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&Anio=2016&mes=7&imprime=](https://app.cfe.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&Anio=2016&mes=7&imprime=)

Cime. (2014). Tablas de consumo electrico. (20), 3.

Conoscope. (2015). conoscope: Modelo Kano. Recuperado el 30 de diciembre de 2018, de <http://www.conoscope.org/innovation/kano-modell.html?Lang=4>

Córdova Ames, W. (2008). TRIZ, la herramienta del pensamiento e innovación sistemática. Contabilidad y Negocios, 3(6). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=281621751005>

Córdova, H. (2009, septiembre). Historia y Principios de la Refrigeración y Aire Acondicionado. Presentado en Mexico. Mexico.

Cortés, G. (2010). TRIZ: La Teoría de Resolución de Problemas Inventivos. Una perspectiva de la innovación basada en el conocimiento.

Cortés, G. (2012). Gestión de la innovación y la tecnología: 9 screens. Orizaba, Ver: Instituto Tecnológico de Orizaba.

Cortés, G. (2018). Vigilancia Tecnológica de Refrigeradores. (p. 37) [Vigilancia tecnológica]. Orizaba, Ver: Instituto Tecnológico de Orizaba.

CREAX. (2013, abril). Recuperado de CREAX Innovation Suite website: <http://www.creaxinnovationsuite.com>

Cross, N. (2001). Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos. Limusa.

Cruz Mendoza, I. (2017). Rediseño de un sistema de planchado de vapor vertical mediante la aplicación de herramientas CAD/CAI (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Ver.

DOF. (2014). NORMA Oficial Mexicana NOM-022-ENER/SCFI-2014, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de Diario Oficial de la Federación website: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5372759&fecha=27/11/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5372759&fecha=27/11/2014)

Dossat, R. J. (2001). Principios de Refrigeracion. Mexico: Compañía Editorial Continental.

Electronicasi. (2013). Termostatos. Recuperado de <http://www.electronicasi.com/wp-content/uploads/2013/06/M%C3%A1quinas-y-equipos-frigor%C3%ADficos-Termostatos.pdf>

Expansión. (2013, septiembre 11). El mundo desperdicia 1,300 millones de toneladas de alimento anuales: FAO [Noticias]. Recuperado el 11 de agosto de 2018, de Expansión website: <https://expansion.mx/salud/2013/09/11/el-mundo-desperdicia-1300-millones-de-toneladas-de-alimento-anuales-fao>

Expotierra Spain. (2015). Botellas de vino. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de Expotierra Spain website: [http://www.expotierraspain.com/botellas\\_vino.html](http://www.expotierraspain.com/botellas_vino.html)

FAE. (2017). Productos - Termostatos. Recuperado el 16 de julio de 2018, de <http://www.fae.es/es/productos/termostato>

Fenercom. (2013). Manual de manipulacion de gases refrigerantes. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Manual-de-manipulacion-de-gases-refrigerantes-fenercom-2013.pdf>

Formulaciones S.A. (2010). El Poliuretano en la Construcción (Formulaciones S.A.). Recuperado de <https://formulaciones.es/wp-content/uploads/2011/01/guia-poliuretano-construccion.pdf>

García, J. A. O., Vera, J. A., Saez, J. J. A., Soto, B. B., Alapont, E. A., Menchón, N. M., & Navarro, I. (2005). Contaminantes medio-ambientales en la alimentación. Afanion, 69–76.

Godoy, F. (2016, noviembre 25). El efecto termoeléctrico: Una nueva forma de refrigeración de alta precisión. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de El Telégrafo website: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/408/1/el-efecto-termoelectrico-una-nueva-forma-de-refrigeracion-de-alta-precision>

Gómez, R., Zuluaga, A., & Vásquez, G. (2015, diciembre). Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos. USBMed, 6(2).

Guanipa, G. (2010). Sistemas de refrigeración (Programa de licenciatura). UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL "FRANCISCO DE MIRANDA, Venezuela.

Hauser, J. (1993, abril 15). How Puritan-Bennet used the house of quality. Sloan Management Review, 61–70.

Henkel. (2014). Fester - Fester Espuma Expansiva. Recuperado el 8 de octubre de 2018, de Fester México website: <http://www.fester.com.mx/es/productos/selladores/espuma.html>

JMIIndustrial. (2014). PT100. Recuperado el 14 de febrero de 2019, de Termopares | Termopar | Monitoreo temperatura website: <https://www.jmi.com.mx/pt100>

Juliarena, P., & Gratton, R. (2009). Conservación de alimentos. Tecnología, ambiente y sociedad, 12.

Ketchum, D. (2018, octubre 24). Los 10 mejores refrigeradores. Recuperado el 3 de enero de 2019, de eHow en español website: [https://www.ehowenespanol.com/10-mejores-refrigeradores-info\\_464447/](https://www.ehowenespanol.com/10-mejores-refrigeradores-info_464447/)

Kim, J. W., Kim, J. H., & Woo, G. H. (2018). Patent Núm. US2018172332 (A1). Recuperado de [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180621&DB=&locale=en\\_EP&CC=US&NR=2018172332A1&KC=A1&ND=4](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180621&DB=&locale=en_EP&CC=US&NR=2018172332A1&KC=A1&ND=4)

Kung, J. Y. C. (2018). Chapter 3: Raspberry Pi and Arduino Prototype: Measuring and Displaying Noise Levels to Enhance User Experience in an Academic Library. Library Technology Reports, 54(1), 18–22.

Lechuga, A., Figueroa, L., & More, J. (2011). MEDIDOR DE TEMPERATURA APLICACIÓN CON ARDUINO Y MATLAB (p. 11) [Reporte de proyecto]. Recuperado de Universidad de Cádiz website: <http://proyectos.uca.es/c3ir/pdf/mtemperatura>

Leon, N. (2009). The future of computer-aided innovation. *Computers in Industry*, 60(8), 539–550. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.05.010>

Llamas, L. (2016, julio 29). Generar frío con Arduino y una placa Peltier. Recuperado el 15 de julio de 2018, de Luis Llamas website: <https://www.luisllamas.es/arduino-peltier/>

Logicbus. (2015). Sensores de temperatura, Tipos de Sensores y Funcionamiento. Recuperado el 14 de febrero de 2019, de Logicbus website: <http://www.logicbus.com.mx/sensores-temperatura.php>

Lopes, M. (2018, noviembre 14). Con estos refrigeradores podrás mantener tu alimentos fríos y organizados por más tiempo. Recuperado el 3 de enero de 2019, de Digital Trends Español website: <https://es.digitaltrends.com/inteligente/estos-mejores-refrigeradores/>

López, S. (2014). SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN BASADO EN CÉLULAS PELTIER (Tesis de maestría, Universidad Carlos III de Madrid). Recuperado de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24294/PFC\\_Sergio\\_Rafael\\_Lopez\\_Campos.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24294/PFC_Sergio_Rafael_Lopez_Campos.pdf)

Martínez, A. M. L. (2013). MEDIDA DE PARÁMETROSTERMOELÉCTRICOS EN UN SISTEMA CONSTITUIDO POR DISPOSITIVOS PELTIER SEEBECK. Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España.

Morán, U. (2010). Relevadores. En Sistema de control de emisiones (pp. 137–150). Recuperado de [https://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias\\_emprendizaje/relevadores.pdf](https://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/relevadores.pdf)

Mundo Digital. (2010). ¿Qué es el Efecto Peltier? | Mundo Digital. Recuperado el 15 de julio de 2018, de <http://www.mundodigital.net/que-es-el-efecto-peltier/>, <http://www.mundodigital.net/que-es-el-efecto-peltier/>

OMEGA. (2014). Sensores RTD (Pt100) | OMEGA Engineering México. Recuperado el 14 de febrero de 2019, de OMEGA ENGINEERING MEXICO website: <https://mx.omega.com/prodinfo/rtd.html>

Ortega, S. (2015). Integración del QFD+FAST y la innovación asistida por computadora durante el desarrollo de nuevos productos (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba.

Osorio Gómez, J. C., & Orejuela Cabrera, J. P. (2008). EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN. *Scientia Et Technica*, XIV(39), 247–252.

P Sandoval, A., Espinosa, E., & Barahona-Avalos, J. L. (2008). Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor. 11o Festival de investigación científica y tecnológica, 158–161.

Pajares, J. A. E., & Valero, E. L. (2011). Simulador de Temperatura de un Sensor RTD PT100 mediante MicroConvertidor ADuC812 e Interfaz de Usuario LabVIEW. *Universitat Rovira I Virgili*.

Palomares, J. (2012). Fuentes de Poder. Recuperado el 6 de octubre de 2018, de Scribd website: <https://es.scribd.com/document/235373255/Fuentes-de-Poder-pdf>

Patterson, G., & Sobral, M. (2007). EFECTO PELTIER (p. 4) [Informe de resultados]. Recuperado de Universidad de Buenos Aires website: <http://materias.df.uba.ar/labo4aa2014c1/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>

Ramírez, D. (2011). Fuentes de alimentación. Presentación de empresa presentado en Electrocomponentes S.A., Argentina. Recuperado de [http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes\\_de\\_alimentacion.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf)

Rantanen, K., & Domb, E. (2007). *Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals*, Second Edition (2 edition). New York: Auerbach Publications.

Reyes, A. (2017, octubre 3). El tubo cuadrado: características, fabricación, corte y uso. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de Ferros Planes website: <https://ferrosplanes.com/tubo-cuadrado-caracteristicas-fabricacion-corte-uso/>

Ruíz-Falco, A. (2009, abril). Despliegue de función de la calidad ´QFD. Recuperado de <http://web.cortland.edu/matresearch/QFD.pdf>

Sheng-Ta Hsieh, & Chun-Ling Lin. (2017). Intelligent healthcare system using an Arduino microcontroller and an android-based smartphone. *Biomedical Research (0970-938X)*, 28(22), 9940–9946.

Shuntich, D. J. (2018). Patent Núm. US2018180353 (A1). Recuperado de [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180628&DB=&locale=en\\_EP&CC=US&NR=2018180353A1&KC=A1&ND=4](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20180628&DB=&locale=en_EP&CC=US&NR=2018180353A1&KC=A1&ND=4)

Sostenibilidad. (2016). ¿Cómo influyen los gases de efecto invernadero en el calentamiento global? | Sostenibilidad para todos. Recuperado el 11 de agosto de 2018, de Sostenibilidad para todos website: <https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/gases-efecto-invernadero-influyen-calentamiento-global/>

S&P. (2017, mayo 3). Sensor de temperatura: tipos y normativa. Recuperado el 14 de febrero de 2019, de S&P Sistemas de Ventilación website: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensor-temperatura/>

Steren. (2018). Celda Peltier 40 x 40mm. Recuperado el 15 de julio de 2018, de Steren, soluciones en electrónica website: <https://www.steren.com.mx/celda-peltier-40-x-40mm.html>

Texas instruments. (2017). LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors (p. 36) [Técnico]. Recuperado de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

Torres, V. (2014). Diseño de una estructura funcional para empacar, embalar y etiquetar limón persa de exportación mediante la aplicación de la teoría TRIZ y su integración con algoritmos genéticos.

Trott, P. (2011). *Innovation Management and New Product Development* (Edición: 5). Harlow, England ; New York: Prentice Hall.

vinetur.com. (2016, junio 9). ¿Cuántos tamaños de botellas de vino existen? Recuperado el 13 de febrero de 2019, de <https://www.vinetur.com/2016060924252/cuantos-tamanos-de-botellas-de-vino-existen.html>

Wendt, Z. (2017, mayo 31). Relés de estado sólido y relés electromecánicos. Recuperado el 16 de julio de 2018, de Arrow.com website: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/crydom-solid-state-relays-vs-electromechanical-relays>

Yacuzzi, E., & Martín, F. (2002). Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico. C.E.M.A.

Yacuzzi, E., & Martín, F. (2012). QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS. Universidad del CEMA, 37.

Zlotin, B., & Zusman, A. (1999). Managing Innovation Knowledge: The Ideation Approach to the Search, Development and Utilization of Innovation Knowledge. Ideation International.