

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PORTÁTIL
PARA FABRICAR HELADO**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Mecánico
Por Los Bachilleres:
Adarmes G., José A.
Correia P., Sandra M.

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PORTÁTIL
PARA FABRICAR HELADO**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Ing. Manuel Martínez, Ph. D.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico
Por Los Bachilleres:
Adarmes G., José A.
Correia P., Sandra M.

Caracas, 2003

Dedicatoria

A todo aquel emprendedor pionero en el diseño y construcción de una máquina hecha en nuestro país.

Reflexión

El diseño nace cuando la factibilidad de la construcción es una realidad, siempre tomando en cuenta las necesidades del ser humano. La selección de diversos equipos y materiales no solo depende de los cálculos de modelos elaborados, estos sólo dan pie para ahondar en la gama de productos existentes en el mercado, sin que esto signifique limitarnos al mercado sino generar nuevas alternativas de solución a las necesidades planteadas.

José y Sandra

Agradecimientos:

- ✓ A Dios, a nuestros Padres y a todos nuestros profesores.
- ✓ Al Sr. Jesús Herrera, por su valiosa colaboración y asesoramiento en la manufactura de nuestro diseño, dio todo el esfuerzo a su alcance para la construcción de la máquina.
- ✓ Al Sr. Armando Martínez, cuya experiencia inigualable en el asesoramiento de la construcción de equipos en los galpones de Ing. Química, hizo posible arraigarnos su espíritu de colaboración y valor del trabajo.
- ✓ Al Ing. Fernando Neira, por sus certeros consejos de guía en la realización y su muy apreciada colaboración en la construcción.
- ✓ A los Ings. Rafael Balderrama y Héctor Troya, por la valiosa colaboración en la realización de los planos mediante el uso del programa Mechanical Desktop.
- ✓ A la Lic. Maricenia Rojas, por su ardua corrección en la redacción y apoyo durante toda la elaboración de este trabajo.
- ✓ Al Sr. Luis Soto, quien nos brindó todo el apoyo a su alcance y nos facilitó la forma de superar las barreras infranqueables que se nos presentaron.
- ✓ Al profesor Antonio Barragán, por brindarnos su asesoría y ser pilar en motivación para la realización de este trabajo.
- ✓ Al profesor Manuel Martínez, por sus consejos, guía, inspiración y creer en nosotros para la elaboración de este trabajo.
- ✓ A todas aquellas personas que han contribuido en la elaboración de este proyecto.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xii

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del problema	5
1.4 Objetivos	5
1.5 Objetivos específicos	6
1.6 Análisis del problema	7
1.6.1 Requerimientos	7
1.6.2 Restricciones	7

CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología del diseño	9
2.1.1 Restricciones Preliminares	9
2.2. Métodos de diseño	9
2.2.1 Tormenta de ideas	10
2.2.2 Estudio preliminar de costo	20
2.2.3 Análisis morfológico	21
2.2.4 Parámetros de evaluación para la selección de las opciones	21
2.2.5 Matriz morfológica	22

2.2.6 Análisis de la matriz morfológica	24
---	----

CAPITULO III: TEORÍAS FUNDAMENTALES, CÁLCULOS Y DISEÑO

3.1 Condiciones para la selección de los materiales a utilizar en los elementos de la máquina	27
3.2 Dimensionamiento de la cámara de enfriamiento	29
3.3 Cálculos y selección de elementos del sistema de refrigeración	30
3.3.1 Determinación de la cantidad de calor removido del líquido del helado.	30
3.3.2 Selección del refrigerante.	31
3.3.3 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.	33
3.3.4 Selección de la unidad condensadora.	36
3.3.5 Cálculo del espesor de la pared del evaporador	40
3.3.6 Aislamiento de la cámara Evaporativa.	42
3.3.6.1 Especificaciones del aislante.	42
3.3.6.2 Cálculo del radio crítico.	42
3.3.6.3 Cálculo de la masa de la mezcla del aislante.	44
3.3.7 Cálculo para la selección del filtro secador.	45
3.3.8 Dispositivo de expansión.	46
3.4 Diseño del dispositivo agitador.	48
3.4.1 Dimensionamiento.	48
3.4.2 Cálculo de la velocidad de transporte del tornillo sinfín.	48
3.4.3 Potencia requerida en el eje del agitador.	50
3.5 Diseño del dispositivo dispensador.	51
3.5.1 Tornillos de la tapa frontal de la cámara de enfriamiento	52
3.6 Cálculo y selección del motor del agitador	53

INDICE GENERAL

3.7 Sello de la cámara evaporativa.	54
3.7.1 Descripción del sello mecánico	54
3.7.2 Verificación del diámetro mínimo del árbol del sello	56
3.8 Selección de la planta eléctrica.	58
3.9 Estructura y portabilidad.	61
3.9.1 Distribución de los subsistemas	61
3.9.2 Selección y ubicación de las ruedas	62
3.9.3 Cálculo de la soldadura del eje de la rueda	66
3.9.4 Perfil de la estructura.	68

CAPITULO IV: SISTEMA DE CONTROL

4.1 Narrativa del sistema de control	72
4.2 Diagrama de conexión	72
4.3 Selección de dispositivos del sistema de control	73
4.3.1 Contactores.	73
4.3.2 Relé térmico.	74
4.3.3 Temporizador.	74
4.3.4 Conmutadores.	74
4.3.5 Termostato.	75
4.4 Elementos del diagrama eléctrico	75
4.5 Diagramas de control y potencia	76

CAPITULO V: CONSTRUCCION DEL EQUIPO

5.1 Memoria descriptiva de construcción	79
5.2 Materiales y equipos utilizados en la construcción	87
5.2.1 Materiales	87

INDICE GENERAL

5.2.2 Instrumentos.	88
5.2.3 Máquinas y herramientas.	88
5.2.4 Equipos y accesorios.	89
 CAPITULO VI: ESTUDIO ECONOMICO.	
6.1 Costo de los elementos de máquina, manufactura y ensamblaje.	92
6.2 Recuperación de capital	97
 CAPITULO VII: INSTRUCCIONES MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	
7.1 Ubicación de los componentes de la máquina.	104
7.2 Consejos útiles generales.	105
7.3 Puesta en marcha.	106
7.3.1 Sistema de refrigeración.	106
7.3.2 Generador.	106
7.4 Montaje y desmontaje de las piezas en contacto con el helado.	107
7.5 Limpieza.	107
7.6 Programa de mantenimiento.	108
7.7 Especificaciones de la máquina.	109
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones	112
Recomendaciones	113
 BIBLIOGRAFIA	 115

ANEXOS

- ANEXO A: Planos y fotos
- ANEXO B: Receta del helado
- ANEXO C: Catálogo de la unidad Condensadora
- ANEXO D: Manual del generador
- ANEXO E: Sello de la cámara de enfriamiento
- ANEXO F: Manual de ergonomía
- ANEXO G: Valores de entalpía de alimentos
- ANEXO H: Resistencia térmica
- ANEXO I: Resistencia de factor de incrustación
- ANEXO J: Temperaturas típicas de condensación
- ANEXO K: Propiedades del metal soldante
- ANEXO L :Catálogo de productos siderúrgicos FERRUM
- ANEXO M: Hoja técnica del producto Rubinate 5005
- ANEXO N: Contactores
- ANEXO Ñ: Tratado de Montreal sobre el uso de refrigerantes
- ANEXO O: Tabla del filtro secador
- ANEXO P: Tabla de tornillos sinfín
- ANEXO Q: Tabuladores de oficios y salarios mínimos
- ANEXO R: Soldadura
- ANEXO S: Tabla de conversiones

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1	ESQUEMA DE DIVISIÓN DE LA MÁQUINA EN SISTEMAS.	11
Figura 2.2	Evaporadores.	12
Figura 2.3	Unidad Condensadora y compresor abierto.	13
Figura 2.4	Cámara de enfriamiento.	14
Figura 2.5	Agitadores.	15
Figura 2.6	Dispensadores.	16
Figura 2.7	Esquema del sistema de transmisión de potencia eléctrica.	17
Figura 2.8	Esquema del sistema de transmisión de potencia mecánica.	18
Figura 2.9	Idea D1: Sistema de portabilidad y estructura.	19
Figura 2.10	Idea D2: Sistema de portabilidad y estructura.	19
Figura 3.1	Esquema del sistema de refrigeración..	33
Figura 3.2	Regiones de líquido y vapor.	35
Figura 3.3	Líneas de propiedades constantes.	35
Figura 3.4	Ciclo de refrigeración en el diagrama de presión entalpía.	35
Figura 3.5	Perfil de temperaturas en el evaporador a contraflujo.	38
Figura 3.6	Representación del ciclo que rige el sistema de refrigeración de la máquina.	40
Figura 3.7	Distribución de presión en el evaporador.	41
Figura 3.8	Gráfica del círculo de Mohr para una orientación de la soldadura de cero grado	41
Figura 3.9	Detalle de la distribución del aislante	43
Figura 3.10	Corte longitudinal del filtro secador.	46
Figura 3.11	a) Relación paso-diámetro del tornillo sinfín, b) Coeficiente de llenado	48
Figura 3.12	a) Punto de aplicación de la carga sobre el batidor, b) Centroides de la sección de transporte	48
Figura 3.13	Geometría del dispensador.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.14	Sello mecánico tipo RN	55
Figura 3.15	Tipos de acoples comunes.	56
Figura 3.16	Tipo de cargas a las cuales está sometido el árbol del sello.	56
Figura 3.17	Configuración del árbol y graficas de fuerzas cortantes y momentos	57
Figura 3.18	Ubicación de los centros de masas de los subsistemas principales.	61
Figura 3.19	Vista de la ubicación de las ruedas en la base de la estructura.	62
Figura 3.20	Rueda neumática lateral.	63
Figura 3.21	Rueda maciza para direccionamiento.	63
Figura 3.22	Diagrama de fuerzas cortantes y momento en el eje de la rueda.	65
Figura 3.23	Propiedades de la sección circular.	65
Figura 3.24	Diagrama de fuerzas cortantes y momentos en una viga de la estructura de soporte.	68
Figura 4.1	Diagrama de potencia.	76
Figura 4.2	Diagrama de control.	77
Figura 6.1	Gráfico de tiempo de retorno del capital para el inversionista con un P.V.P del helado de 300 Bs por unidad	99
Figura 6.2	Gráfico de tiempo de retorno del capital para el inversionista con un P.V.P del helado de 350 Bs por unidad	100
Figura 6.3	Gráfico de tiempo de retorno del capital para el inversionista con un P.V.P del helado de 400 Bs por unidad	101
Figura 6.4	Gráfico de tiempo de retorno del capital para el inversionista con un P.V.P del helado de 450 Bs por unidad	102
Figura 7.1	Ubicación de los componentes de la máquina.	104

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	PONDERACIÓN DE COSTOS DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.	21
Tabla 2.2	Selección de ideas.	23
Tabla 3.1	Criterios comparativos para la selección del refrigerante.	32
Tabla 3.2	Resistencia térmica por pulgada de espesor.	36
Tabla 3.3	Resistencia de factor de incrustación	37
Tabla 3.4	Especificaciones de la unidad condensadora seleccionada.	39
Tabla 3.5	Temperaturas típicas de condensación.	39
Tabla 3.6	Propiedades de la mezcla aislante.	42
Tabla 3.7	Especificaciones del reductor seleccionado.	53
Tabla 3.8	Especificaciones del motor seleccionado.	54
Tabla 3.9	Comparación entre el motor requerido y el seleccionado.	54
Tabla 3.10	Potencia de funcionamiento requerida.	60
Tabla 3.11	Especificaciones de la planta seleccionada.	60
Tabla 3.12	Peso de la máquina.	63
Tabla 3.13	Ruedas seleccionadas.	64
Tabla 3.14	Especificaciones de ruedas neumáticas.	64
Tabla 3.15	Propiedades mecánicas	66
Tabla 3.16	Soldadura del eje de la rueda.	67
Tabla 3.17	Propiedades del metal soldante.	67
Tabla 3.18	Cargas distribuidas en apoyos simples.	67
Tabla 3.19	Selección de tubería de sección cuadrada.	69
Tabla 4.1	Especificaciones del contactor.	74
Tabla 4.2	Elementos del diagrama eléctrico.	76
Tabla 5.1	Detalle de operaciones de construcción Fase I.	81
Tabla 5.2	Detalle de operaciones de construcción Fase II.	83
Tabla 5.3	Detalle de operaciones de construcción Fase III.	84
Tabla 5.4	Detalle de operaciones de construcción Fase IV.	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 5.5	Detalle de operaciones de construcción Fase V.	86
Tabla 5.6	Detalle de operaciones de construcción Fase VI.	87
Tabla 6.1	Costo de materiales, equipos y accesorios.	95
Tabla 6.2	Costo de manufactura y ensamblaje.	96
Tabla 6.3	Costo final.	96
Tabla 6.4	Cuadro de cálculo de recuperación de capital para el inversionista	99
Tabla 7.1	Cuadro de programación de mantenimiento.	109
Tabla 7.2	Especificaciones de la máquina	109

Adarmes G., José A., Correia P., Sandra M.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PORTÁTIL PARA FABRICAR HELADO

**Tutor Académico: Ph. D. Ing. Manuel Martínez, Caracas, U.C.V., Facultad de
Ingeniería. Escuela de Mecánica. 2003, n° pág. 132**

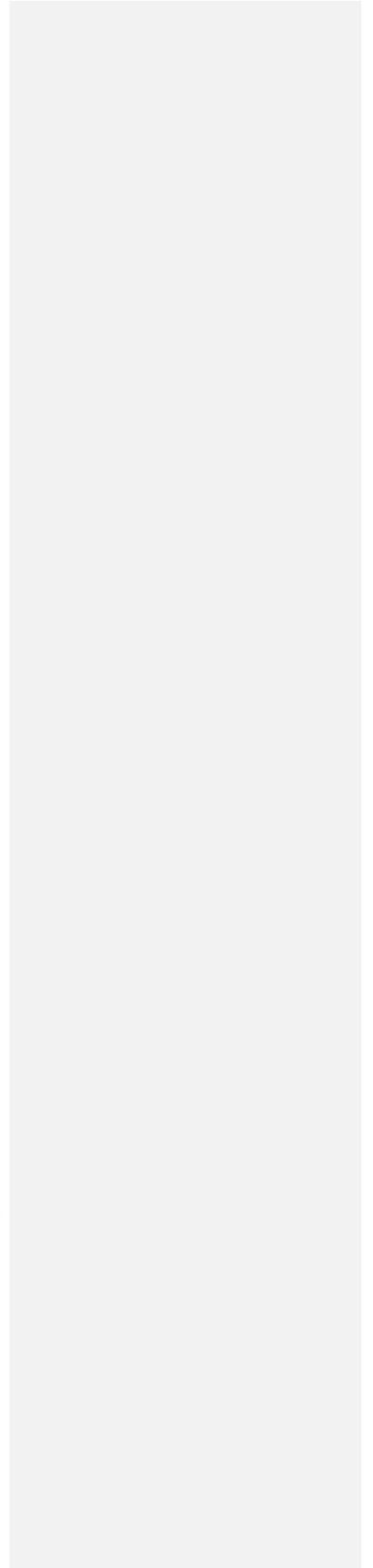
Palabras claves: Máquina Portátil, Helado, Refrigeración.

Resumen: Este trabajo especial de grado ha tenido como objetivo diseñar y construir una máquina portátil para fabricar helados, provista de una cámara de enfriamiento con mezclador de 2,8 litros de capacidad y de 8,5 litros de líquido almacenado. La máquina está constituida de un sistema de refrigeración por compresión de vapor y condensación enfriado por aire, cuya potencia es suministrada opcionalmente, por el servicio eléctrico monofásico o un generador de 3 kilovatios de potencia. El sistema disminuye las vibraciones, dimensiones y peso de las portátiles existentes.

El proyecto, se basó en una metodología de diseño, donde se plantearon posibles soluciones y sus respectivas evaluaciones a través de una matriz morfológica, con la cual se obtuvo la solución que cumple con la mayoría de los requerimientos de diseño y de uso de estos equipos. Entre los parámetros más resaltantes en el diseño de este tipo de máquina se consideraron los siguientes: la carga térmica, las fuerzas actuantes en el sistema, material, tamaño, peso, compatibilidad entre los equipos y costos, para proceder luego a la construcción de dicho equipo en el taller mecánico. Se elaboró un estudio económico pudiéndose determinar el costo de la máquina y de sugerir el precio del helado para la recuperación del capital invertido.

El sistema una vez construido se instaló y probó, obteniéndose resultados satisfactorios durante su operación y manejo.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN



1.1 Introducción

En la población venezolana, al igual que en el resto del mundo, existe alta demanda en equipos de refrigeración para la conservación de alimentos, postres y bebidas, particularmente es el caso de la fabricación de helados. En este sentido, para satisfacer esta necesidad, nos sentimos motivados a diseñar y construir este dispositivo, una máquina que no sólo fabrique el helado sino que también sea portátil y con ello lograr la independencia de la electricidad del servicio nacional o cualquier otro servicio eléctrico, pudiendo hacerla llegar a sitios que aún no cuentan con el mismo. Cabe destacar que actualmente en el mercado existe una máquina similar a los requerimientos planteados, pero la misma presenta fallas en cuanto al diseño, ergonomía y selección de componentes, entre las que destaca la del sistema de transmisión de potencia, cojinetes, correas. Estos últimos tienen una vida media en ese equipo de seis meses, lo que la hace una máquina poco confiable y por demás ineficiente. Además no presentan manuales de operación y mantenimiento.

Actualmente la importación de una máquina que más se acerque a la necesidad planteada es muy costosa. En un sondeo de precios, supimos que el costo se ubica entre \$8.000 y \$12.000, mientras que una existente en el mercado nacional el P.V.P. oscila entre Bs. 4.000.000 y Bs. 8.000.000, esta razón nos conduce a un estudio económico del dispositivo a diseñar para que sea competitivo en el mercado.

Por otra parte, diseñar y construir este dispositivo con materiales y equipos existentes en el mercado venezolano estimularía el desarrollo del sector económico y tecnológico, abriendo paso al aparato productivo e industrial del país. Un proyecto de esta magnitud donde se comprueba la construcción de dicha máquina invitaría al sector privado a invertir en la producción en serie para satisfacer el mercado venezolano, generando divisas a nuestro país, contribuyendo a buscar diferentes alternativas para ofertar y ser un país cada vez menos dependiente del petróleo.

1.2 Antecedentes

*Según la leyenda, Marco Polo trajo los secretos del helado del Oriente. No hay, sin embargo, prueba de eso, aunque existen evidencias de que la población china se deleitó con bebidas y postres helados, que da cierto peso a la teoría de Marco Polo. Más tarde, el emperador Nerón, hizo construir las cámaras frías especiales por debajo de la residencia imperial para almacenar nieve y así conservar fruta hecha puré.

Hasta entonces sólo se conocían los postres congelados, con el desarrollo de las natillas y el descubrimiento de que al congelarlas se crea un postre delicioso, nace el helado propiamente dicho. Este notable acontecimiento ocurrió en 1775 en Francia, y fue seguido pronto por la invención de una máquina de helado.

Hasta 1851, un hombre de Baltimore, U.S.A, llamado Jacob Fussell, abre la primera fábrica de helado.

A finales del siglo XIX, la soda del helado fue creada por Roberto M. Green, la cual parece haber sido hecha por accidente. Luego, se inventó el “helado”, cambiando la crema de soda por jarabe sin la influencia del agua de soda. Le siguieron variaciones diversas.

A través de la historia de la humanidad siempre hubo la necesidad de conservar alimentos y bebidas frías, luego imperó la creación de sistemas artificiales que cubrieran dicha demanda, con el surgimiento de nuevas tecnologías y avances en el campo de la refrigeración, fue creciendo la demanda de máquinas de helados, producto de la necesidad del consumidor dando paso a la existencia de una gran variedad de éstas. Hoy en día, en países tales como Estados Unidos, Brasil, Colombia, Francia, Italia etc., se construyen equipos similares, la gran mayoría funciona con corriente alterna, condicionándola a establecimientos comerciales.

*Datos y fechas extraídas de la pagina web: <http://www.sendicecream.com/hisoficecrea.html>

En el mercado nacional existe un modelo portátil con potencia de 9 hp generada por un motor a combustión interna provista, en general, de un sistema de refrigeración cuyo fluido refrigerante es freón, de un, dos y tres dispensadores de helado, de aproximadamente 182 kg con dimensiones de 80cm x 90cm x 150cm, en su mayor parte construida de material de acero inoxidable y acero al carbono.

Hay diversos trabajos, libros de texto, publicaciones, catálogos que avalan el conjunto del sistema, en cada una de sus partes como lo son: sistema de transmisión de potencia, sistema de refrigeración, diseño de ejes, proceso de manufactura, selección de materiales y equipos. La mayoría de la bibliografía ha sido soporte a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica a través de las diferentes asignaturas afines al diseño y construcción de la máquina.

Existen en el país muchos proveedores de los diferentes materiales y componentes que configuran la máquina de helados, por ejemplo, compresores, tuberías, rodamientos, correas, láminas de aceros inoxidable, válvulas, evaporadores, lubricantes, motores, vigas, poleas, ventiladores, refrigerantes, barras para mecanizado, pinturas, recipientes a presión, electrodos de soldaduras, material aislante de polietileno y accesorios. Estas casas garantizan los suministros para la construcción y mantenimientos.

En consecuencia, planteamos el diseño y construcción de una máquina portátil de helado cremoso con suministro de potencia por medio de un motor de combustión interna, con dispensador manual de un solo sabor, bajo normas de estandarización, con programas de mantenimiento y más económica en relación a las existentes.

1.3 Planteamiento del Problema

La presente propuesta de trabajo especial de grado tiene como objetivo el diseño y construcción de una máquina portátil de helado, a partir de energía provista por un motor de combustión interna con materiales y equipos existentes en el mercado

venezolano, sin necesidad de tener que importarla. Mejorando de esta forma cuatro parámetros principales: peso, dimensiones, eficiencia y costo.

En el diseño y construcción se plantea el seguimiento de cada una de las normas nacionales e internacionales aplicables de manera que se base en la normalización vigente. El planteamiento del mejoramiento tecnológico de las máquinas de helado existentes en el mercado venezolano, siguiendo las normas, garantizará al comprador potencial una buena relación entre precio, valor y funcionabilidad.

Con la elaboración de un programa de mantenimiento y un manual de operación, se garantizará el buen funcionamiento y uso eficiente de la máquina. Además, se hará un estudio económico de los equipos y materiales de construcción a fin de sugerir un precio que compita en el mercado.

En este trabajo especial de grado se aplicarán conocimientos y criterios adquiridos durante los cursos impartidos por los departamentos de producción, diseño y energética de la escuela de Ingeniería Mecánica.

1.4 Objetivo

Diseñar y construir una máquina portátil de helado a partir de energía provista por un motor de combustión interna con materiales y equipos existentes en el mercado venezolano, sustentada bajo las normas relacionadas con el diseño del equipo.

1.5 Objetivos Específicos

- Diseñar y construir la cámara de enfriamiento, dispensador y agitador del helado.
- Diseñar sistema de enfriamiento.

- Seleccionar los dispositivos del sistema de refrigeración (tubería, compresor, válvula de expansión, ventilador, refrigerante, separador de líquido refrigerante, evaporador, accesorios).
- Seleccionar el motor de combustión interna, de acuerdo a su eficiencia, dimensiones, peso y potencia suministrada.
- Diseñar y construir un sistema de transmisión de potencia, desde el motor a los distintos equipos, como lo son: el compresor, el ventilador y dispositivo rotor del helado.
- Realizar un estudio ergonómico.
- Diseñar y construir la estructura de soporte.
- Diseñar, construir y seleccionar los dispositivos para su portabilidad.
- Realizar un diseño gráfico tridimensional del conjunto de los dispositivos.
- Realizar un diagrama de funcionamiento de la máquina.
- Realizar un análisis económico del diseño y construcción.
- Diseñar un manual de higiene, operación y mantenimiento.
- Comparar la máquina a diseñar vs modelos existentes en el mercado venezolano, en cuanto al peso, dimensiones, eficiencia y costo.
- Construir, probar y poner en marcha la máquina.

1.6 Análisis del Problema

1.6.1 Requerimientos

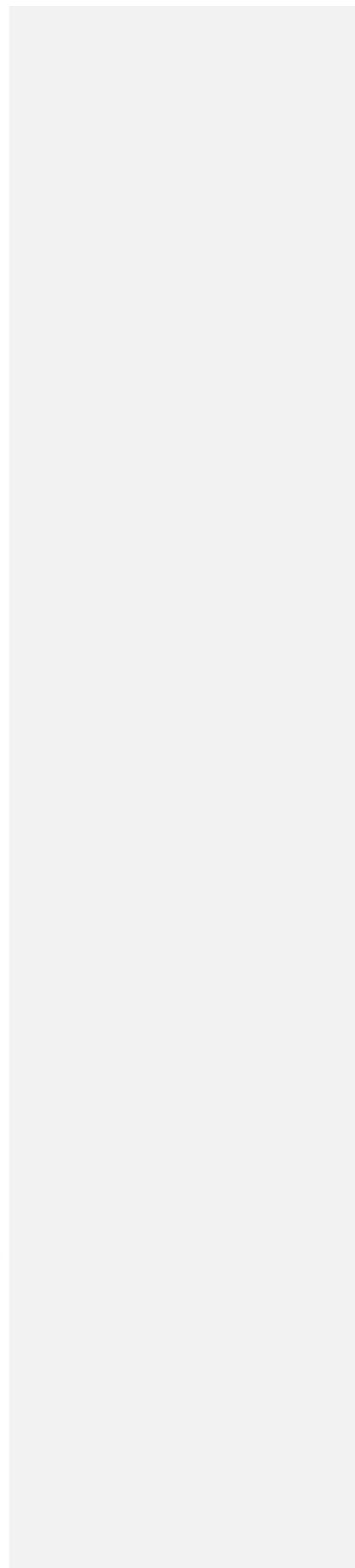
- La máquina a diseñar debe ser portátil de tal manera que el operador sea capaz de transportarla y maniobrar con el menor esfuerzo posible.
- Diseñar un sistema que permita disminuir las pérdidas de carga térmica y el líquido del helado.

- Disminuir las vibraciones generadas por las fuerzas vibratorias que genera el sistema de transmisión de potencia.
- La demanda del equipo debe cubrir 22 litros en una jornada diaria de ocho horas.
- El costo de mantenimiento y reparación será el mínimo posible. El diseño se realizará utilizando materiales adecuados, resistentes, de fácil fabricación y ensamble; minimizando los costos de fabricación.

1.6.2 Restricciones

- Se considerará el líquido del helado de acuerdo a los datos bibliográficos existentes, en cuanto a su preparación, propiedades físicas y químicas y manipulación.
- La máquina será diseñada para dispensar un sabor de helado.
- Se considerará un sistema de refrigeración de ciclo estándar de compresión de vapor para diseñar el sistema de refrigeración.
- Los equipos y materiales seleccionados se limitarán a los existentes en el mercado venezolano.
- Se usarán datos de la literatura publicada sobre diseño a fin de seleccionar los distintos equipos y materiales necesarios para la construcción de todo el conjunto de la máquina.
- Se considerarán las normas ISO9000, ASHRAE, ASME y COVENIN para su diseño y construcción.
- Se hará un estudio económico de los distintos equipos y materiales, así como también de la manufactura a fin de sugerir un precio de fabricación de la máquina.
- Se describirá el proceso de fabricación y se especificarán los equipos utilizados para su construcción.

CAPITULO II
MARCO METODOLOGICO



2.1 Metodología del Diseño

El diseño, como procedimiento creativo, da como resultado la solución más favorable al desarrollar las posibles salidas frente a un problema planteado, mediante la aplicación de un razonamiento lógico y creativo. La primera etapa de un diseño consiste en la investigación de los procesos involucrados, posibles soluciones existentes y en el planteamiento de ideas generales sin ahondar en los detalles.

Seguidamente se comparan y combinan las ideas de acuerdo a ciertos parámetros, lo que daría a lugar a la solución para los requerimientos planteados inicialmente.

2.1.1 Restricciones Preliminares

Entre los factores más importantes en el diseño planteado está la funcionalidad, sin olvidar la estética que es determinante en la percepción del sistema. En este sentido, la simplicidad de dichos sistemas garantiza la confiabilidad, contribuyendo al confort e influyendo directamente en la ergonomía.

Otro factor relevante son las dimensiones y, por consiguiente, el peso, que influye en la portabilidad del equipo en su totalidad.

2.2 Métodos de Diseño

Si bien sabemos que existen diversos métodos que son útiles en la fase de concepción del proceso de diseño, como análisis de cualidades, generación de ideas a través de la inversión, analogía y empatía; para la presente tesis de grado se aplicará el método del Análisis Morfológico, el cual se complementa muy bien con el método de la Tormenta de Ideas, en el cual se tiene una amplia libertad de acción, pero sin obviar la factibilidad de las opciones propuestas. Una vez definidos los parámetros, la búsqueda de alternativas para los mismos puede hacerse mediante este último.

Consideramos que la combinación de estos dos métodos se puede aplicar perfectamente al presente trabajo dada la naturaleza investigativa del mismo.

2.2.1 Tormenta de Ideas

Este método fue ideado por Alex Osborn (Milani, 1978) y consiste en reunir un grupo para trabajar sobre un problema. El grupo debe trabajar con base en las siguientes reglas:

- No se permite ninguna evaluación o juicio sobre las ideas; de lo contrario, se corre el riesgo de que cada participante se enfoque en defender su idea en vez de buscar nuevas ideas.
- Debe buscarse un gran número de ideas porque esto ayudará a evitar evaluarlas internamente y porque cantidad, en este caso, genera calidad.
- Debe promoverse entre los miembros del grupo que contribuyan o modifiquen las ideas de otros, porque esto generalmente desemboca en ideas superiores a las iniciales.

A partir del concepto del método de la Tormenta de Ideas, esbozamos una serie de sistemas y subsistemas a fin de crear una máquina portátil de helados con las características generales de portabilidad, economía, ergonomía y versatilidad. Obviamente tales sistemas deben ser controlados y protegidos mediante un sistema de control que permita, además, facilitar al operario el manejo de la máquina en la fabricación del helado.

Esquema siguiente se muestra la división del diseño de la maquina en cuatro sistemas principales¹.

¹ Se entiende por sistema conjuntos de partes destinadas para una función, definición dada por R. Milani, "Diseño Para Nuestra Realidad"

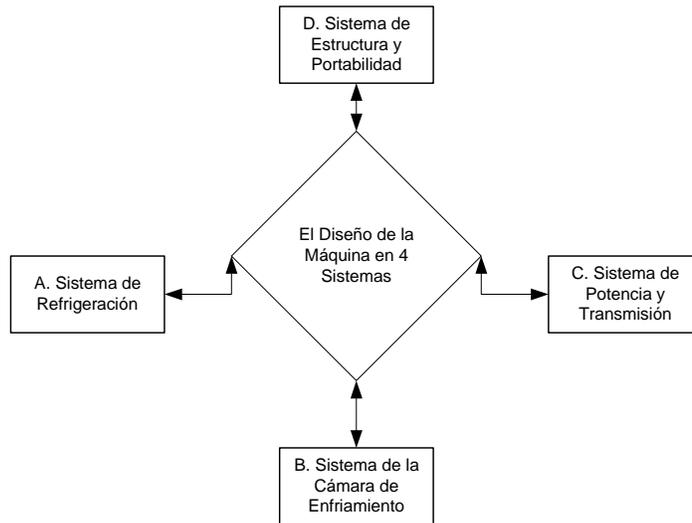


Figura 2.1: Esquema de división de la máquina en sistemas.

Los sistemas y subsistemas se desarrollan a continuación:

A Sistema de Refrigeración:

Este sistema está dividido a su vez en subsistemas así:

A.1 Evaporador: Constituye el equipo conocido como cambiador de calor, y tiene como objetivo proveer una transferencia continua y eficiente de calor desde el medio que se desea enfriar, al fluido refrigerante.

Idea 1: Consiste en un tubo en forma de espiral sumergido en el líquido del helado, por el que fluye el refrigerante a baja temperatura y baja presión, como resultado de la expansión que experimenta al pasar a través del dispositivo de control de flujo.

Idea 2: El tubo evaporador se encuentra alrededor del recipiente que contiene el líquido del helado, transfiriendo el calor por conducción.

Idea 3: Consta de una cavidad entre dos cilindros concéntricos con entrada y salida tanto del gas refrigerante como del helado.

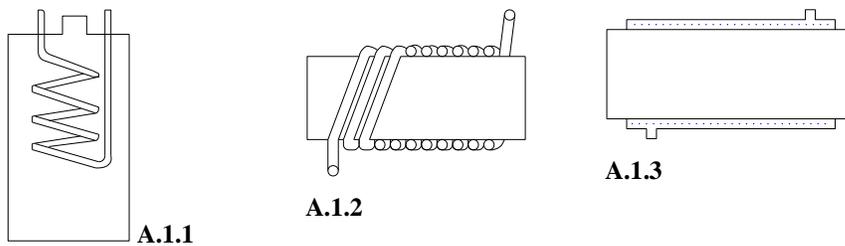


Figura 2.2: Evaporadores

A.2 Unidad condensadora: Es una de las diversas formas integradas, en vez de componentes individuales, en la cual el compresor, el condensador y los controles se ensamblan y prueban en la fábrica. Ofrecen la ventaja de reducir los costos de instalación, asegura que los componentes sean los apropiados en cuanto a su capacidad y disminuye la posibilidad de que ocurran errores en la instalación.

Idea 1: Utilizar una unidad compresora compacta de condensación enfriada por aire forzado existente en el mercado, por las características que ofrece.

Idea 2: Adquirir compresor, condensador, ventilador y accesorios para el sistema de refrigeración por separado, para el cual es preciso determinar la capacidad resultante de la combinación, llamada el punto de equilibrio.



Figura 2.3: Unidad condensadora

B Cámara de Enfriamiento

Consta de tres secciones: cuerpo de la cámara enfriamiento propiamente dicha y su tanque receptor, agitador y dispensador.

B.1 Cuerpo de la cámara: Como ya se mencionó, tiene dos recipientes: uno para la recepción del líquido y el otro para su enfriamiento y batido.

Idea 1: Consta de un cilindro colocado horizontalmente, que es la cámara de enfriamiento, en donde la mezcla es batida y enfriada, a su vez está interconectada por medio de un tubo a un recipiente semicilíndrico que es el tanque receptor provisto de una tapa. Dicho tubo posee un dispositivo que regula el caudal del líquido del helado y controla las partículas sólidas presentes.

Idea 2: La cámara de enfriamiento es un tubo cilíndrico colocado verticalmente, unido al tanque receptor, de igual disposición, por medio de un tubo con dispositivo regulador de caudal y control de partículas sólidas.

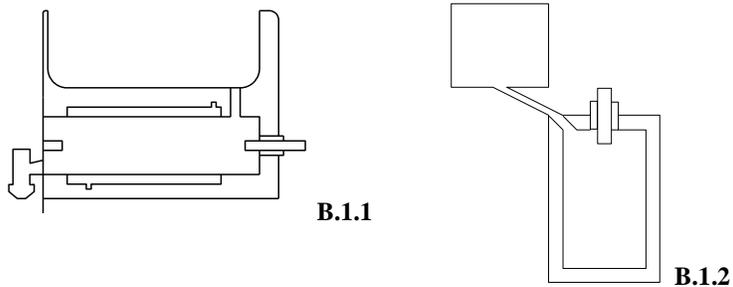


Figura 2.4: Cámaras de enfriamiento

B.2 Agitador: Este dispositivo se encuentra en el interior del cuerpo de la cámara de enfriamiento y cumple dos funciones fundamentales: Una es batir el líquido del helado mientras es enfriado hasta convertirlo en una crema de consistencia suave homogénea y la otra es bombear dicha mezcla a través del dispensador cuando esté abierto.

Idea 1: Tomado de la máquina existente de marca “Carpigiani”, tiene la forma de un tornillo sinfín, consta de dos partes a lo largo de su eje, un extremo bate y el otro empuja el helado a través del dispensador. La disposición geométrica de sus hélices hace posible esta doble función.

Idea 2: Consiste en un eje en forma de armadura rectangular que permite arrastrar la capa de helado formado en la pared interior de la cámara, a los extremos de dicha armadura posee agujeros para su acoplamiento. A lo largo de su parte interna se encuentra una pletina en forma helicoidal, dividida de manera similar al caso anterior

Idea 3: Usado por la empresa Frío Los Andes C.A., ubicada en San Cristóbal, Estado Táchira. Consta de una armadura rectangular que cumple la función de eje, en toda la extensión de su parte exterior posee una pletina helicoidal y otra pletina recta en

forma de bisagra ubicada paralelamente al eje y sujeta a los extremos de la armadura, la cual permite raspar el helado depositado en la pared interior de la cámara.



Figura 2.5: Agitadores

B.3 Dispensador: Dispositivo cuya función principal es servir el helado. Además se caracteriza por darle forma al helado mientras éste desciende por la boquilla.

Idea 1: Consta de dos cilindros, uno hueco en forma de “T”, conectado a su vez a una plancha en forma circular que sirve como tapa de la cámara de enfriamiento sujeta por tornillos, y uno macizo que pasa a través del tubo vertical en forma de “T”, el cual se desliza y sirve como tapón, posee una boquilla roscada a la parte inferior de la “T” cuya función es darle forma al helado y de tope la el cilindro macizo.

Para dispensar el helado a través del sistema, se dispuso una palanca en forma de “L”, la cual está conectada a ambos tubos mediante pasadores en los extremos superiores de cada tubo que les permite el movimiento rotativo. Un resorte de torsión que acopla estos tres elementos permite desplazar el tubo macizo hacia arriba y hacia abajo según conveniencia.

Idea 2: Igual a la idea 1. Se modifica el modo de hacer subir y bajar el tubo deslizante o macizo mediante una palanca que está sujeta a la “T” en su extremo superior. La palanca posee una especie de uña que al rotar se incrusta a una ranura del eje deslizante, lo cual lo hace deslizar.

Idea 3: Igual a la idea 1, se elimina la palanca y se adapta una perilla ergonómica para que el operador directamente la haga subir y bajar.

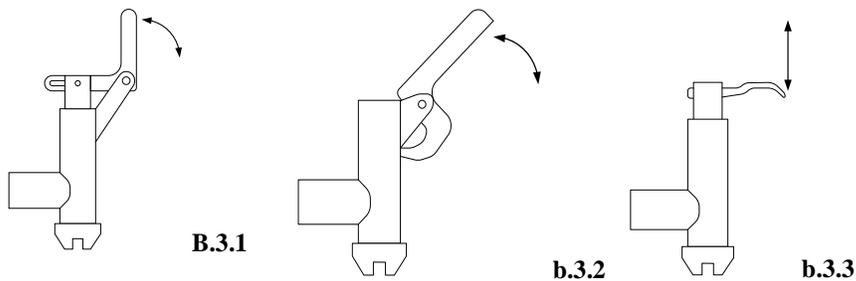
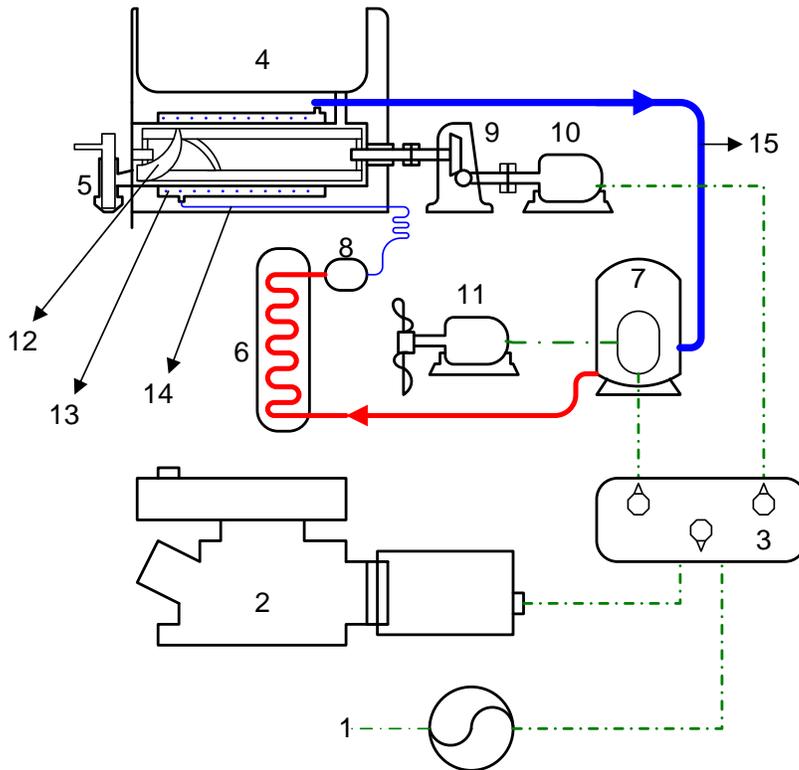


Figura 2.6: Dispensadores

C Sistema de Potencia y Transmisión

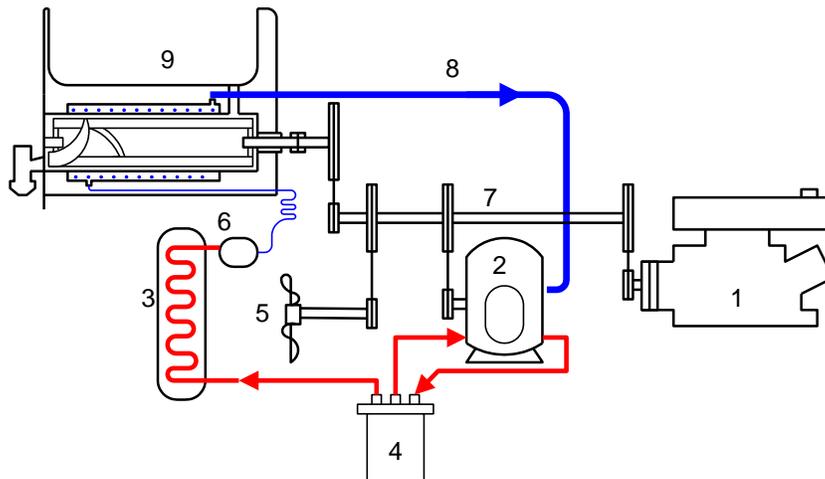
Idea 1: Una planta eléctrica con motor a combustión interna con opción al servicio eléctrico nacional, suministra la energía a un motor-reductor que acciona el agitador y al motor que acciona el compresor que, a su vez, es controlado mediante un panel de control, que acciona los motores del batidor y compresor independientemente, además de protegerlos y de ahorro de energía.



1. Servicio Eléctrico, 2. Planta Eléctrica, 3. Panel de Control, 4. Tanque Recibidor de Helado, 5. Dispensador, 6. Condensador, 7. Compresor, 8. Filtro Secador, 9. Reductor de Velocidad, 10. Motor del Batidor, 11. Motor del ventilador del condensador, 12. Batidor, 13. Evaporador, 14. Tubo Capilar. 15 Línea de Succión

Figura 2.7: Esquema del Sistema de transmisión de potencia eléctrica

Idea 2: El acople de un motor de combustión interna con un sistema de poleas y correas que permiten accionar el compresor y el agitador.



1. Motor, 2. Compresor abierto, 3. Condensador, 4. Separador de líquido, 5. ventilador, 6. Filtro secador, 7. Árbol de transmisión de potencia, 8. Línea de succión, 9. Cámara de enfriamiento

Figura 2.8: Esquema del sistema de transmisión de potencia mecánica

D Sistema de Estructura y Portabilidad

Idea 1: La estructura de tubos de acero es de forma piramidal truncada, en la parte inferior está colocada la planta o motor que suministra la potencia. En la parte media se ubica la unidad condensadora o sistema de refrigeración y en la parte superior está la cámara de enfriamiento con el dispensador seleccionado. La estructura se encuentra recubierta casi en su totalidad por fibra de vidrio con ventilación para el condensador y motores para liberar el calor y alejarlo de la máquina. Consta de tres ruedas equilibradas entre sí que permiten su desplazamiento y cuya disposición facilita la maniobrabilidad de la máquina, además dispone de dos asideros a la altura correspondiente al operador promedio.

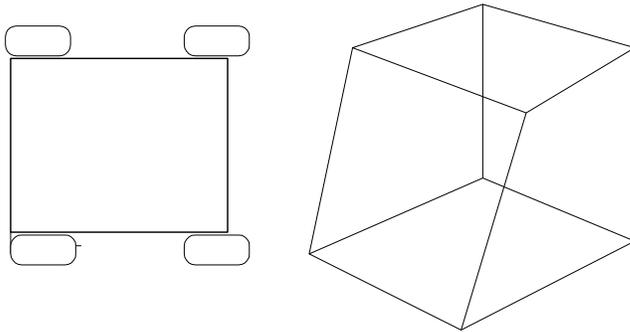


Figura 2.9: Idea D1, sistema de portabilidad y estructura.

Idea 2: La estructura es de forma rectangular recubierta de acero inoxidable, con ventilación de los motores para dejar escapar el calor. La disposición de los equipos en la estructura es similar a la idea No. 1; posee además de una caja almacenamiento de enceres, una caja para el panel de control, una puerta para desmontar el motor que suministra la potencia. En la parte superior tiene una cubierta de fácil desmontura de manera que se le pueda brindar el adecuado mantenimiento a los mecanismos de transmisión de potencia y de refrigeración. La portabilidad está dispuesta igual a la idea anterior.

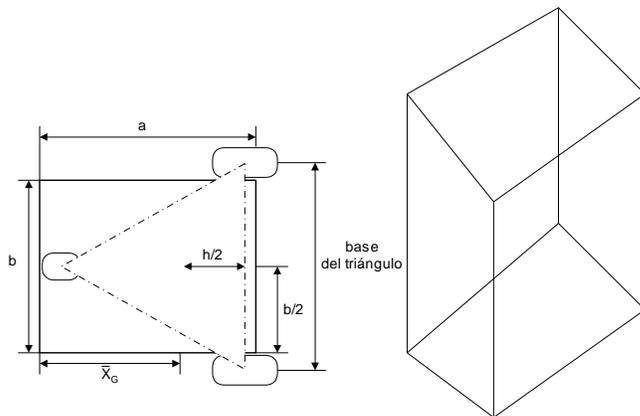


Figura 2.10: Idea D.2, sistema de portabilidad y estructura

2.2.2 Estudio Preliminar de Costos

El estudio preliminar de costos consiste en la recopilación de costos aproximados de los componentes del sistema a través de cotizaciones obtenidas en las empresas y comercios del ramo y de la experiencia de personas involucradas en las áreas. Se tomarán en cuenta los elementos de mayor importancia y se calificarán con una ponderación de costo del 1 al 10, en cuyo caso, 1 significa el elemento menos costoso y 10 el más costoso, permitiéndonos evaluar el sistema de manera objetiva y clara en el análisis morfológico. El cuadro se presenta a continuación:

ELEMENTO (UNIDAD)	PONDERACIÓN
Sistema de control	9
Motor eléctrico con caja reductora	8
Motor de combustión interna de 2 tiempos 5 hp	8
Planta eléctrica 3 kw	7
Vigas	6
Ruedas	5
Correas	5
Poleas	4
Planchas de acero inoxidable	4
Fibra de vidrio	3
Chumaceras	3
Unidad condensadora	3
Compresor, condensador y ventilador por separado	2
Tubería de cobre	1
Manguera de presión	1
Gomas	1
Tornillos	1
Cables	1

Tabla 2.1: Ponderación de costos de los elementos de la máquina

2.2.3 Análisis Morfológico

El método consiste en seleccionar los parámetros de evaluación más importantes del problema para luego buscar la mayor cantidad de alternativas para cada parámetro.

2.2.4 Parámetros de Evaluación para la Selección de las Opciones:

- 1) Espacio ocupado y peso.
- 2) Tiempo de fabricación.
- 3) Estética.
- 4) Innovación.
- 5) Disminución de las vibraciones y el ruido.
- 6) Ergonomía.
- 7) Grado de automatización.
- 8) Versatilidad en su manejo.
- 9) Costo de mantenimiento.
- 10) Frecuencia de mantenimiento.
- 11) Facilidad de mantenimiento.
- 12) Confiabilidad.
- 13) Costo de fabricación y adquisición de componente.
- 14) Facilidad de adquisición de componentes.
- 15) Rendimiento.

2.2.5 Matriz Morfológica

En el diseño a realizar se han generado distintas ideas o posibles soluciones al problema para cada sistema y subsistemas de manera independiente, la combinación de las mismas genera una matriz (3x2x3x3x2x2) de 216 soluciones, sin embargo para

simplificar la selección se evaluará cada sistema y subsistema a través de la matriz en cada renglón y así finalmente conseguir la combinación más favorable para los objetivos del diseño.

Todas estas ideas que conforman la matriz morfológica son estudiadas según los parámetros de evaluación seleccionados ponderando con un porcentaje la relevancia de cada uno dentro del marco de los objetivos del diseño, luego el producto de este porcentaje por la escala de evaluación que va desde el cero al nueve, donde nueve es el factor más favorable, uno es el menos favorable y cero no es evaluado en el parámetro correspondiente.

CAPITULO II
Marco Metodológico

Parámetros	%/100	A					B									C		D	
		A1			A2		B1		B2			B3			C1	C2	D1	D2	
		A1.1	A1.2	A1.3	A2.1	A2.2	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2	B2.3	B3.1	B3.2	B3.3					
1	0,2	3	4	5	8	5	7	3	5	7	6	5	6	7	8	5	5	6	
2	0,05	7	3	5	7	4	5	4	1	5	4	6	4	8	5	2	6	8	
3	0,05	2	5	6	8	5	6	4	8	6	5	6	7	8	7	5	7	6	
4		1	4	5	5	5	4	4	4	7	3	5	6	6	7	5	6	7	
5	0,15	0	0	0	8	6	6	4	8	6	4	5	5	7	9	3	7	5	
6		0	0	0	0	0	6	4	7	5	4	5	5	6	7	5	6	6	
7	0,1	6	6	6	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	0	0	
8	0,1	0	0	0	7	5	3	3	7	6	4	3	3	3	9	5	7	6	
9	0,1	2	3	4	8	5	5	3	4	6	5	4	4	8	4	6	7	6	
10		1	8	8	7	5	5	5	7	6	3	6	6	8	8	3	4	8	
11		2	1	2	7	4	6	4	5	7	6	6	5	8	5	5	4	5	
12		4	9	9	7	6	7	7	8	8	7	6	6	8	7	4	3	8	
13		6	4	3	8	3	7	6	2	5	4	4	2	6	3	7	5	4	
14	5	8	7	7	5	6	6	1	6	6	5	4	6	6	7	4	5		
15	0,15	1	7	8	7	5	8	5	8	8	7	6	5	7	8	7	4	6	
Total	1	3,85	6,35	6,9	9,55	6,25	7,25	5,35	6,25	7,9	6,35	6,15	5,8	8,25	8,75	6,55	5,95	7,25	

Tabla 2.2: Selección de Ideas

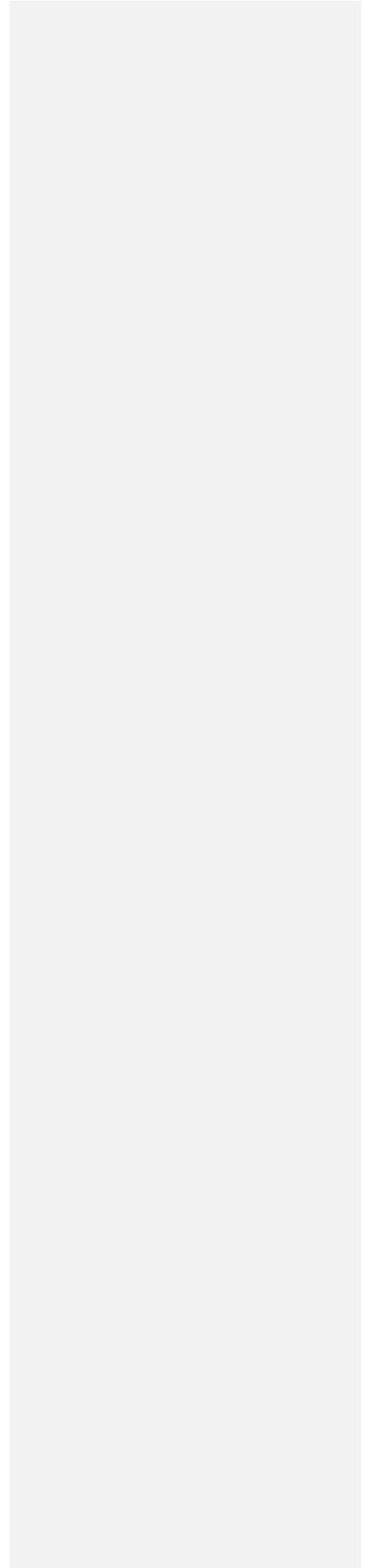
2.2.6 Análisis de la Matriz Morfológica

En la matriz morfológica, se observa la solución más favorable en cada uno de los sistemas y subsistemas los cuales son compatibles perfectamente entre sí, dicha combinación plantea la siguiente solución de diseño final:

- Para el sistema de refrigeración de compresión a vapor se utilizará un evaporador de tubos concéntricos. Esta idea A1.3 fue seleccionada fundamentalmente por los parámetros del tiempo de fabricación y de rendimiento, los cuales resultaron significativos en comparación a la idea A1.2, ya que su fabricación es de mayor grado de dificultad porque habría que unir con soldadura el tubo evaporador alrededor del cuerpo de la cámara, este evaporador funcionaría con una unidad condensadora compacta enfriada por aire según la idea A2.1, debido a los criterios de costo, facilidad de adquisición de los componentes y grado de automatización ya que estas unidades contienen elementos adaptables a un panel de control. También otro factor importante es la disminución sustancial de las vibraciones y ruido que produce este tipo de máquinas en su puesta en funcionamiento.
- En la cámara de enfriamiento resulto como solución la idea B1.1 que consta de un cilindro horizontal, se tomó en cuenta la ocupación de menos espacio y la facilidad de construcción. Para el dispositivo agitador, se eligió la idea B2.2, el cual reúne las cualidades de mezclar y transportar el helado hacia el dispensador, evita la acumulación de la capa de helado en las paredes internas de la cámara de enfriamiento y su relativa facilidad de construcción respecto a las otras opciones. Así mismo, se seleccionó la idea B3.3 para diseñar el dispensador para el helado, por su simplicidad de construcción y ergonomía.

- En cuanto al sistema de potencia y transmisión, específicamente se buscó la disminución de las vibraciones y el ruido, lo compacto y la versatilidad, claramente destacó la idea C1, cuya potencia es suministrada por una planta eléctrica y la transmisión es realizada mediante un circuito eléctrico a los diferentes motores de todo el sistema. Contrario a la idea C2 que consiste en un sistema de poleas, además, aun cuando las poleas son más económicas, su mantenimiento es más frecuente. Como en la idea C1 la potencia es eléctrica, existe la opción de usar corriente del servicio eléctrico nacional, lo que es conveniente para el diseño, porque permitiría operar la maquina en espacios cerrados por la no existencia de gases y, por ende la versatilidad es superior a la idea C2.
- Finalmente, para el sistema de estructura y soporte, se tomó en cuenta la economía de los materiales, la facilidad de fabricación y la confiabilidad, en donde la idea D2 resultó ser la más adecuada, puesto que el acero inoxidable brinda al diseño una gran durabilidad y no es necesario un molde como es el caso de la fibra de vidrio de la idea D1.

CAPITULO III
TEORIAS FUNDAMENTALES,
CALCULOS Y DISEÑO



3.1 Condiciones para la Selección de los Materiales.

Existe un gran número de materiales disponible en el mercado que bien puede satisfacer las necesidades planteadas pero el criterio de selección se sustenta en la escogencia de aquellos más económicos, resistentes y que cumplan con las normativas vigentes de sanidad.

Según las normas vigentes de sanidad estipuladas en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 36.081, de fecha 7 de noviembre de 1996, la sección relacionada con el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Capítulo III: Equipos y Utensilios, incluye, entre otros, los siguientes Artículos:

“Artículo 30: los equipos y utensilios del establecimiento deben ser acordes con el tipo de alimento a elaborar, al proceso tecnológico y a la máxima capacidad de producción prevista. Los mismos deben estar diseñados, contruidos, instalados y mantenidos de manera que se evite la contaminación del alimento, faciliten la limpieza y desinfección y desempeñen adecuadamente el uso previsto.

Artículo 31: Los equipos y utensilios utilizados para el manejo de los alimentos deben cumplir con los siguientes requisitos de diseño y construcción:

1. Estar fabricados con materiales resistentes al uso y a la corrosión, así como al empleo repetido de los agentes de limpieza y desinfección.
2. Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser inertes bajo las condiciones de uso previstas, de manera que no exista interacción entre éstas con el alimento, a menos que él o los elementos contaminantes migren al producto dentro de los límites permitidos en la respectiva legislación de esta forma no se permite el uso de materiales que contengan contaminantes como: plomo, cadmio, zinc, antimonio, arsénico, u otros que resulten peligrosos para la salud.
3. Todas las superficies de contacto directo con el alimento deben poseer un acabado liso, no poroso, no absorbente, y estar libres de defectos,

intersticios u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afecten la calidad sanitaria del producto.

4. Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser fácilmente accesibles para la limpieza e inspección o ser fácilmente desmontable. Cuando se utilicen técnicas de limpieza mecánica, los equipos deben estar especialmente diseñados para este propósito y disponer de los instrumentos y accesorios para su control.

5. Los ángulos internos de las superficies de contacto con el alimento deben poseer una curvatura continua y suave de manera que puedan limpiarse con facilidad.

6. En los espacios interiores en contacto con el alimento, los equipos no deben poseer piezas o accesorios que requieran lubricación ni roscas de acoplamiento u otras conexiones peligrosas.

7. Las superficies de contacto directo con el alimento no deben recubrirse con pintura u otro tipo de material desprendible que presente un peligro para su inocuidad.

8. En lo posible, los equipos deben estar diseñados y construidos de manera que se evite el contacto con el ambiente que le rodea.

9. Las superficies exteriores de los equipos deben estar diseñadas y construidas de manera que faciliten su limpieza y eviten la acumulación de suciedades, microorganismos, plagas u otros agentes contaminantes del alimento.

10. Las mesas y mesones empleados en el manejo de alimentos deben tener superficies lisas, con bordes sin aristas y estar construidas con materiales resistentes, impermeables y lavables.”

Por lo antes citado, el material seleccionado es acero inoxidable AISI 304 y 316 para aquellas partes del equipo donde hay contacto directo con el helado, como lo son: la cámara de enfriamiento, dispensador, tanque de líquido del helado y cubierta exterior.

En elementos como la estructura y los ejes del sistema móvil se usara acero estructural por ser más económico y resistentes.

3.2 Dimensionamiento de la Cámara de Enfriamiento

Según la publicación “Dairy Science and Technology of University of Guelph”, la densidad de la crema del helado listo para dispensar es de 0,550 kg/L aproximadamente², y la densidad de la mezcla en estado de conservación³ es de 1,1 kg/L, por lo tanto, usa esta densidad por ser la más crítica para los cálculos subsiguientes.

En cuanto a la producción diaria de la máquina dada la demanda del producto, se obtuvo la siguiente información estadística a través de un sondeo: se expenden 22,7 litros/día (8h), que al considerar la densidad del helado es aproximadamente 1,1 kg/L, el resultado es 25 kg por jornada diaria y, así, con una cantidad de 75 gramos por cono, se obtienen 333 conos al día.

Tomamos este caudal de producción para dimensionar en base al número de llenado que debe realizar el operador diariamente, esto lo fijamos en 2 veces al día, y de este modo el volumen de la cámara de enfriamiento es de 2,83 L y para el tanque del líquido de 8,52 L aproximadamente, semejantes a máquinas existentes en el mercado.

Con base en el análisis morfológico, la idea seleccionada para la cámara de enfriamiento fue un cilindro horizontal, idea B1.1; para tal efecto, usamos la expresión de volumen, $V = \pi r^2 L$ y fijamos el parámetro del diámetro en 4 pulgadas, la cual corresponde a una medida estándar existente en el mercado; en cuyo caso, el cilindro tiene una longitud de 35 cm.

² Información extraída de la dirección electrónica www.foodsci.uoguelph.ca

³ Temperatura de conservación es de 5 Centígrados, extraído del manual de mantenimiento de las máquinas Carpigiani, ver anexos.

3.3 Cálculos y Selección de Elementos del Sistema de Refrigeración

3.3.1 Determinación de la Cantidad de Calor Removido del Líquido del Helado

La cantidad de calor removido del líquido del helado es sensible porque no se produce ningún cambio de estado en el mismo. Se rige según la ecuación:

$$Q = m \cdot c (T_2 - T_1) \quad \text{Ec. 3.1}$$

donde:

Q = cantidad neta de calor agregado o removido en Btu/hr.

m = cantidad de flujo de masa de la sustancia en lb/hr.

C = calor específico de la sustancia

($T_2 - T_1$) = cambio de la temperatura en sustancia.

Sin embargo, debido a que el calor específico varía con la temperatura, usaremos la ecuación de la energía Ec. 3.2, porque teóricamente es más exacto.

$$Q = m \cdot (h_2 - h_1) \quad \text{Ec 3.2}$$

donde:

Q y m son las mismas que en la Ec. 3.1

($h_2 - h_1$) = cambio de la entalpía de la sustancia, en Btu/lb.

h_1 = entalpía del helado a la entrada de la cámara de enfriamiento, a la temperatura de $5^\circ\text{C} = 109,08 \text{ Btu/lb}$

h_2 = entalpía del helado a la salida de la cámara de enfriamiento, a la temperatura de $-5^\circ\text{C} = 66 \text{ Btu/lb}$

Utilizando la tabla de valores de entalpía de alimentos en kcal/kg, en este caso para el helado (ver anexo G) y sustituyendo datos:

$$Q = 50 \text{ lb/hr} (66 - 109,08) \text{ Btu/lb} = - 2165 \text{ Btu/hr}$$

El signo negativo indica que se remueve calor del líquido del helado, se asumió que la temperatura de preenfriamiento del líquido era de 5 °C, esto aumenta el rendimiento del sistema de refrigeración y disminuye costos en la selección de la unidad condensadora.

3.3.2 Selección del Refrigerante

Cuando se seleccionó el refrigerante a emplear, consideramos los refrigerantes halogenados por ser no tóxicos, específicamente el R12 por ser el más usado comercialmente y su sustituto el R134a por su naturaleza ecológica. A continuación se muestra un cuadro comparativo de sus propiedades que sirvieron como criterios para la selección.

PARÁMETRO	REFRIGERAN		CRITERIO
	TE		
	R12	R134a	
Temperatura de evaporación a presión atmosférica (F)	-21	-15	Un aumento en la temperatura de evaporación, da como resultado una menor demanda de potencia por tonelada de capacidad de refrigeración.
Compresores Reciprocantes Rc lb/pulg ² -40F/100F	14,1	18,7	Es conveniente que la relación de compresión sea baja, ya que la potencia requerida es directamente proporcional a esta.
Hp requerido de	2,38	2,39	Una menor potencia aumenta el

CAPITULO III
Teorías Fundamentales, Cálculos y Diseño.

compresión - 40F/100F			rendimiento del equipo.
Desplazamiento requerido de compresión - 40F/100F (CFM)	18,53	22,1	El compresor es más pequeño, a medida que el CFM es menor.
Disponibilidad	Mayor	Menor	Existencia en el mercado.
Costo Bs/Kg	9500	18900	Más económico.
Toxicidad	Inofensivos		
Flujo másico Lb/hr	287	230	Se requiere menos refrigerante.
Absorción de humedad	Poca	Mucha	Se requiere de filtro secador de menos capacidad.
Características ambientales GWP (potencial de calentamiento global)	8500	1300	Afectación de la capa del ozono.

Tabla 3.1: Criterios comparativos para la selección del refrigerante (celda resaltada indica parámetro más favorable)

En la tabla de criterios, se observa que el refrigerante R12 supera en la mayoría de las propiedades al R134a, aunque éste afecta en menor grado el ambiente, pero comercialmente es más costoso y de difícil disponibilidad en el mercado venezolano. La razón por la cual el R134a no ha abarcado totalmente el mercado venezolano es porque el R12 tiene un plazo de desincorporación gradual⁴. Por consiguiente, elegimos el R12 como refrigerante del sistema de refrigeración por su facilidad de obtención en el mercado a bajo costo y por la mejoría que ofrecen sus propiedades, pero recomendamos en el futuro usar R134a cuando su disponibilidad sea mayor.

⁴ Según Tratado de Montreal, ver su contenido en anexo.

3.3.3 Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor

Los cuatro componentes básicos y el proceso asociado que estos realizan en el sistema del sistema son:

- El dispositivo de expansión, expansión adiabática e isentálpica
- Evaporador, vaporización isotérmica e isobárica
- Compresor, compresión adiabática e isentrópica
- Condensador, condensación isotérmica e isobárica

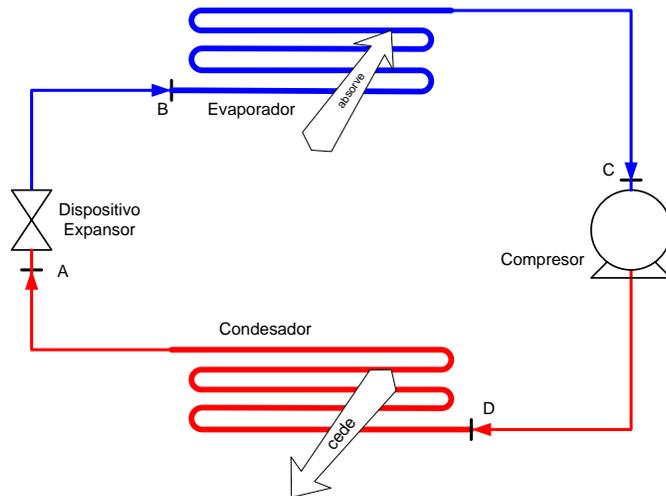


Figura 3.1: Esquema del Sistema de Refrigeración

A continuación una breve descripción de cada proceso:

Expansión

El dispositivo de expansión tiene una abertura estrecha, ocasionando una pérdida de presión al fluir el refrigerante a través del mismo, una parte del líquido refrigerante se vaporiza inmediata y súbitamente a gas. La porción de líquido que se evapora toma el calor latente necesario para su evaporación de la mezcla que fluye, enfriándola de esta manera.

Vaporización

El refrigerante fluye a través del evaporador, la sustancia que se desea enfriar intercambia calor con el evaporador por tener una temperatura mayor que la temperatura de saturación del refrigerante que fluye dentro del evaporador, el calor que gana el refrigerante sale del evaporador como vapor saturado o sobrecalentado.

Compresión

El compresor succiona el vapor para luego comprimirlo a una presión elevada, adecuada para efectuar la condensación.

La compresión aumenta la presión del vapor, lo que a su vez aumenta su temperatura de saturación por sobre la temperatura del medio de condensación (aire o agua), a consecuencia de que el trabajo mecánico efectuado sobre el gas incrementa su energía interna. El tiempo de residencia en el compresor es corto, por lo que la compresión se supone adiabática.

Condensación

El vapor a alta presión y temperatura cede calor al medio de condensación. La temperatura del vapor no puede bajar a menos de su temperatura de saturación, por lo que la remoción de calor ocasiona la condensación del vapor. Cuando el refrigerante llega al fondo del condensador todo el vapor se ha condensado.

Estos procesos en el ciclo de refrigeración se representan usando el diagrama de Mollier⁵

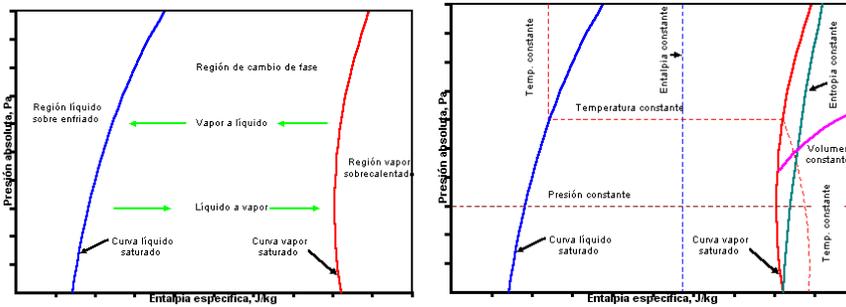


Figura 3.2: Regiones de líquido/vapor, Figura 3.3: Líneas de propiedades constantes:

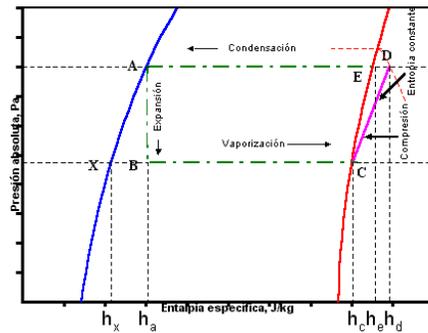


Figura 3.4: Ciclo de refrigeración en diagrama Presión - Entalpía:

⁵ Fuente <http://www.uvg.edu.gt>, Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Tecnología

3.3.4 Selección de la Unidad Condensadora

En el punto 3.2.1, se calculó el calor removido del líquido con un factor de seguridad debido a pérdidas de un 10%, con este dato y la temperatura de evaporación del refrigerante, seleccionamos la unidad condensadora más favorable en el catálogo suministrado por el fabricante, Infrisa c. a., Ingeniería Nacional de Refrigeración, S.A. Se consideró, además, la situación más crítica del tiempo de operación del compresor de 8 horas continuas.

$$Q_a = Q + 0,1Q \quad \text{Ec. 3.3}$$
$$Q_a = 2165 + 2165 * 0,1 = 2381,5 \text{ Btu/hr}$$

La temperatura de evaporación se calculó mediante la ecuación de transferencia de calor:

$$Q = U \cdot A \cdot DTME \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

Q= transferencia de calor, Btu/hr

U= coeficiente de transferencia total de calor, Btu/hr.pie².°F, definido por :

$U = 1/R_t$, R_t = resistencia térmica total, $R_t = R_1 + R_2$, hr.pie².°F /Btu.

R_1 = resistencia del acero = 0,00036 hr.pie².°F /Btu, asumiendo 3mm de espesor, ver tabla 3.2.

R_2 = resistencia térmica del refrigerante = 0,0025 hr.pie².°F /Btu, ver tabla 3.3

SUSTANCIA	R (H.PIE ² .° F/ BTU) POR PULGADA
Acero	0,003

Tabla 3.2: Resistencia térmica por pulgada de espesor, fuente “Principios de refrigeración”, E. Pita.(ver anexo H)

FLUIDO	R_F (M² °K / W)
Líquidos refrigerantes	0.0002

Tabla 3.3: Resistencia de Factor de Incrustación, fuente F. Incropera, “fundamentos de transferencia de calor”.(ver anexo I)

$A = 2\pi rL$, superficie de transferencia de calor del evaporador, pie².

DTME= diferencia de temperatura media efectiva entre los fluidos, °F, definida por:

$$DTME = \frac{DT_A - DT_B}{\ln \frac{DT_A}{DT_B}} \quad \text{Ec. 3.5}$$

donde:

DT_A = diferencia de temperatura mayor, °F

DT_B = diferencia de temperatura menor, °F

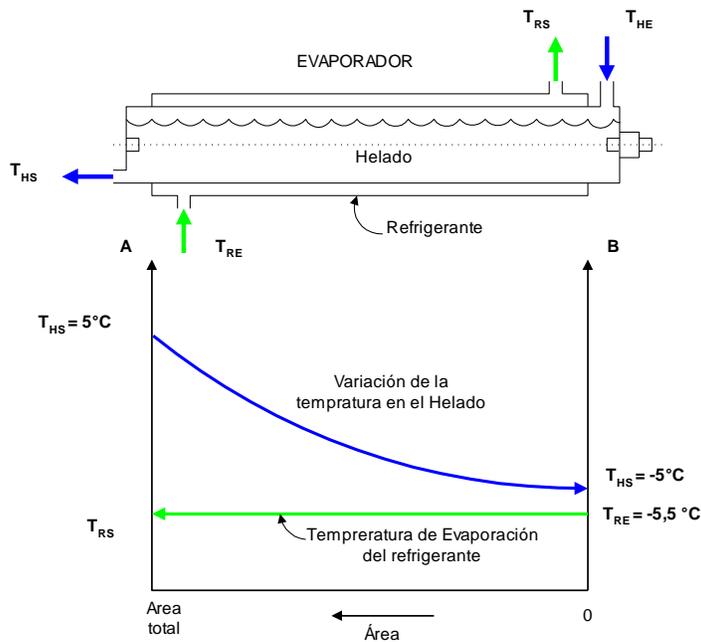


Figura 3.5: Perfil de las temperaturas en el evaporador contraflujo.

Despejando a DTME y sustituyendo datos en la ecuación 3.4, obtenemos:

DTME= 6,72 °F, luego iterando en la ecuación 3.5, SE obtiene la temperatura de evaporación es 22 °F.

Con esta temperatura, la cantidad de calor removido y la aplicación definida por el fabricante en la escala de alta-media (AM), se seleccionó la unidad condensadora, la cual se especifica en la siguiente tabla:

CAPITULO III
Teorías Fundamentales, Cálculos y Diseño.

MODELO DE LA UNIDAD	tc1-0033am
Potencia Operación (W)	575
Modelo del Compresor	AE4440
Temperatura de evaporación (°F)	20
Peso (kg)	41
Dimensiones (cm)	54X38X28
Diámetro del Tubo de Succión (pulgadas)	½
Diámetro del Tubo de Líquido (pulgadas)	¼
Motor del Ventilador (W)	94,3
Capacidad del refrigerante (kg)	1
Aplicación	Capilar
Carga de aceite (cm ³)	591

Tabla 3.4: Especificaciones de la unidad condensadora seleccionada
(más especificación y siglas ver anexo C)

TIPO DE CONDENSADOR	TEMPERATURA DE ENTRADA (°F)	TEMPERATURA DE SALIDA (°F)	TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN (°F)	POTENCIA AL COMPRESOR KW/TON
Enfriado por aire	95	108	120	1.14

Tabla 3.5: Temperatura típicas de condensación. Fuente: Pita, E. “Principios de Refrigeración” (ver anexo J)

Con las especificaciones dadas en el catalogo L86-0002 de Unidades Condensadoras de Refrigeración de Infrisa S.A y con el apoyo de Tabla 3.5 para la selección de la temperatura de condensación de 120 ° F sugerido para condensadores enfriados por aire, se construye el ciclo ideal de compresión de vapor en el diagrama de Mollier en

figura siguiente, en el cual se representa un subenfriamiento de 6 °F y la temperatura de succión de 77 °F, sugeridos por el fabricante.

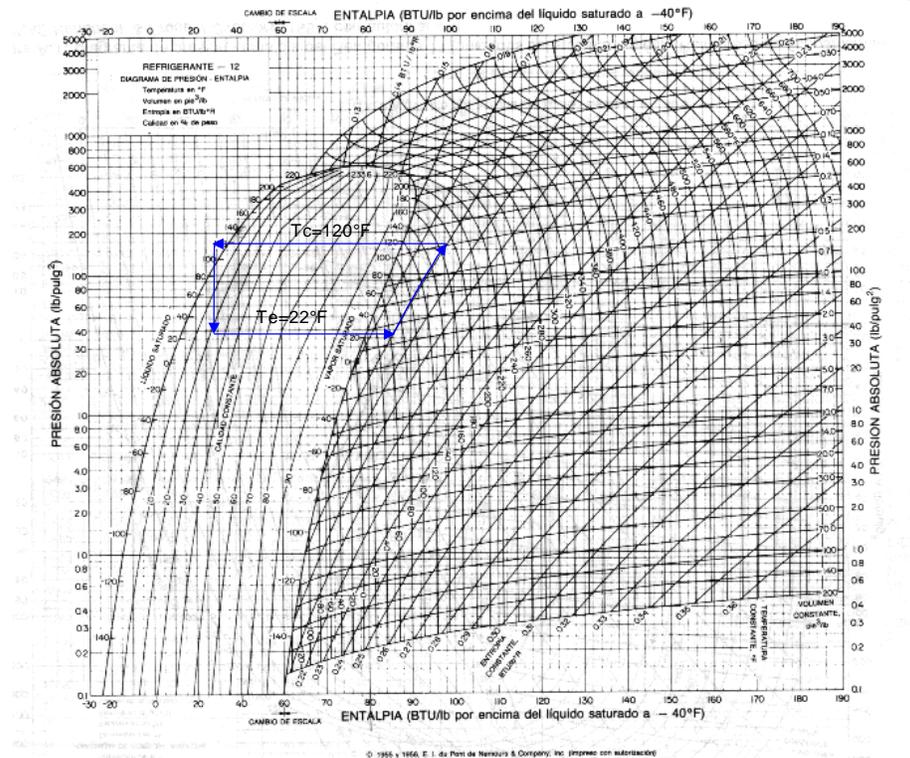


Figura A.2 Diagrama de presión - entalpía del Refrigerante 12 (unidades del sistema inglés). (Reimpreso de *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*, 1981, con autorización).

Figura 3.6: Representación del ciclo que rige al sistema de refrigeración de la máquina.

3.3.5 Cálculo del espesor de la pared del evaporador

Consideramos el evaporador como un recipiente de pared delgada, formada por una plancha de acero AISI 304, el cual está sometido a una presión manométrica de $P=25$ Psi, de radio $r=0,0762$ m como se muestra en la figura siguiente:

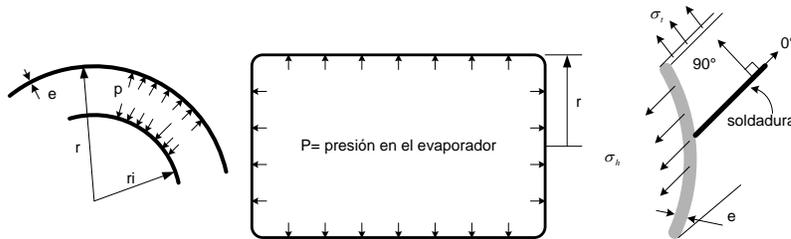


Figura 3.7: Distribución de presión en el evaporador

Para calcular el mínimo espesor e , se utilizó el programa MDSolid, versión 2.4, definiendo el material y el esfuerzo de fluencia del mismo $\sigma_h = 40000$ Psi, de la ecuación $\sigma_1 = \sigma_h = pr/e$, se obtuvo que el espesor $e = 0,08$ mm.

Para la construcción del evaporador se seleccionó una plancha de 3mm de espesor, para facilitar el proceso de soldadura.

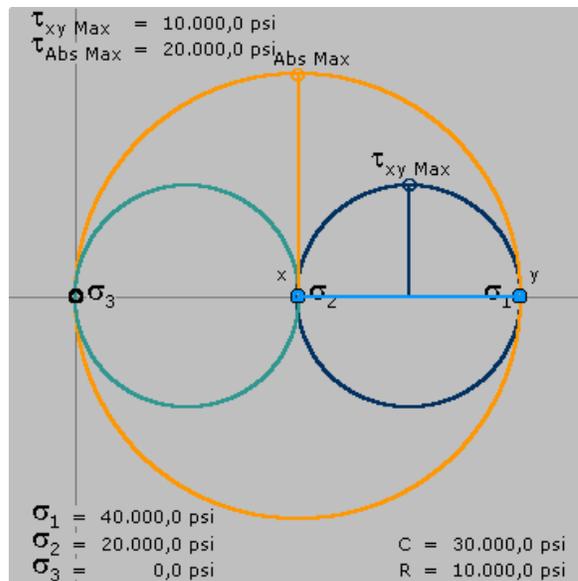


Figura 3.8: Gráfica del círculo de Morh para una orientación de la soldadura de cero grados. (Generada por el programa MDSolid versión 2.4)

3.3.6 Aislamiento de la Cámara Evaporativa

3.3.6.1 Especificaciones del aislante

El aislante utilizado para la cámara de enfriamiento es el poliuretano expandido por su facilidad de manejo y su capacidad de aislamiento. En el mercado se encontró específicamente la marca Rubinate 5005, el cual es un difenilmetano dilsociante caracterizado por su alto rango de funcionabilidad y que se emplea en la producción de espuma de poliuretano rígida. El tiempo de desmolde para refrigeradores aislados con espuma rígida de poliuretano depende de varios factores como el material de construcción del molde, espesor de espuma, perfil de reacción del sistema y el grado de sobreempaque del material. A continuación se describen las propiedades del Rubinate 5005.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	TOLERANCIA
Densidad empacada	37 Kg/m ³	±2
Densidad de espumado libre	25 Kg/m ³	±2
Coefficiente de conductividad térmica	0.018 W/M ^o K	+0,002
Tiempo de secado	150 seg.	±15
Tiempo de crema	25 seg.	±1

Tabla 3.6: Propiedades de la Mezcla (Ver más propiedades en anexo M)

3.3.5.23.3.6.2 Cálculo del Radio Crítico

La posible existencia de un espesor de aislamiento óptimo para sistemas radiales lo sugiere la presencia de efectos que compiten asociados con un aumento en este espesor. En particular, aunque la resistencia a la conducción aumenta al agregar un aislante, la resistencia de convección disminuye debido al aumento del área de la

Con formato: Numeración y viñetas

superficie exterior. Por ello puede existir un espesor de aislamiento que minimice la pérdida de calor al maximizar la resistencia total a la transferencia de calor.⁶

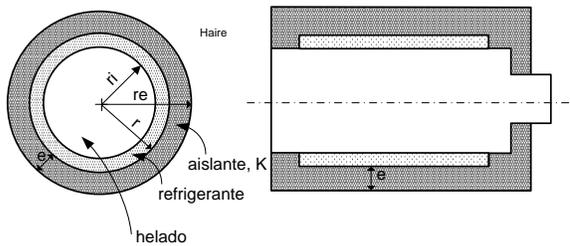


Figura 3.9: Detalle de la distribución del aislante.

De la deducción realizada por el autor tenemos que:

$$r_{cr} = K_{aislante} / H_{aire} \quad \text{Ec.3.6}$$

donde:

$$K_{aislante} = 0.018 \text{ W/m.K y,}$$

$$H_{aire} = \text{resistencia del aire a la transferencia de calor, } 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K.}$$

$$r_{cr} = \text{radio crítico, } 0.018/5 = 0.0036 \text{ m} = 3.6 \text{ mm.}$$

De aquí se observa que el $r_i > r_{cr}$, r_i es el radio interno de la cámara de enfriamiento, esto implica que cualquier aumento del aislante incrementaría la resistencia total y por lo tanto, disminuiría la pérdida de calor. En base a este análisis, se eligió 1 pulgada de espesor para el aislante de la cámara de enfriamiento.

3.3.5.33.3.6.3 Cálculo de la Masa de la Mezcla del Aislante

Con formato: Numeración y viñetas

⁶ Incropera, Frank. “Fundamentos de Transferencia de calor”, pag. 93

La relación de los compuestos de Disocianato y Poliurea es 1:1, y sabiendo que la densidad empacada como aislante térmico es 37 Kg/m^3 , podemos calcular la masa del aislante con:

$$m = D \cdot V \quad \text{Ec. 3.7}$$

donde:

V = volumen ocupado por la mezcla del aislante

D = densidad empacada

El volumen se calcula con:

$$V = \pi (R_e^2 - R_i^2) L \quad \text{Ec. 3.8}$$

donde:

R_e = radio de la pared externa que contiene el aislante

R_i = radio de la pared interna que contiene el aislante

L = longitud del cilindro del cuerpo de la cámara calculada en el punto 3.2

Sustituyendo datos en la Ec. 3.7 y luego en la Ec. 3.8, se obtiene:

$$V = \pi ((0,0889)^2 - (0,0635)^2) 0,35 = 0,00426 \text{ m}^3$$

$$m = 37 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,00426 \text{ m}^3 = 0,157 \text{ Kg}$$

De aquí se deduce que cada solución de la mezcla debe tener una masa de 78,5 gramos cada una, ya que la relación es de 1:1.

3.3.63.3.7 Cálculo para la Selección del Filtro Secador.

Con formato: Numeración y viñetas

El filtro secador es un dispositivo que debe ser instalado en la tubería de líquido, preferiblemente delante del dispositivo de expansión a fin de eliminar cualquier posible sedimento, por otra parte, se logra la función de secado que es de suma importancia, sobre todo cuando se utilizan compresores herméticos, como en este caso, ya que el bobinado del motor está expuesto al gas refrigerante y la presencia de exceso de humedad puede conducir a que el motor se queme. Los filtros secadores están constituidos por una envoltura rellena con secante o agente de secado, provista de un filtro en cada extremo, son del tipo desechable o de elemento recambiable, siendo preferibles los primeros.

La cantidad de humedad que puede haber en la instalación depende del tipo de refrigerante y la temperatura de evaporación y viene dada en partes por millón (ppm). Para los refrigerantes clorofluorocarbonados, la cantidad de humedad que debe existir se encuentra entre 12-25 ppm. En este caso, para seleccionar un filtro con refrigerante R12, se tomaron en cuenta los siguientes cálculos:

El R12 absorbe 131 ppm y deseamos conseguir 15ppm por Kg de refrigerante (ver anexo catálogo Catch – All), que en este caso es de 2.5 Kg

$$(131 - 159) \text{ ppm} = 116 \text{ ppm} = 116 \text{ mgr de agua / Kg de refrigerante}$$

$$116 \text{ mgr /Kg de Refrig.} \times 2.5 \text{ Kg de refrig.} = 290 \text{ mgr de agua} \times 1 \text{ gr/1000 mgr} \\ = 0.29 \text{ gr}$$

Como 1gr de agua son 20 gotas

$$0.29 \text{ gr} \times 20 = 58 \text{ gotas}$$

En la tabla de filtro secador tipo hermético del catálogo 201 Resumido Sporlan, se seleccionó el siguiente filtro secador:

Tipo: hermético para la línea de líquido SAE C-052

Gotas de agua: 82

Capacidad del fluido refrigerante (Ton para 2 psi): 2.3

Capacidad recomendada: 1/3 Ton

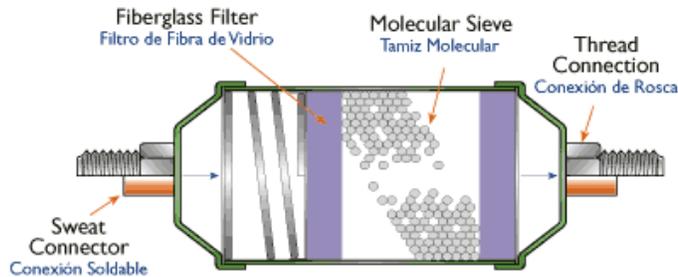


Figura 3.10: Corte longitudinal del filtro secador, fuente catálogo 201 Sporlan, ver anexo “O”.

3.3.8 Dispositivo de Expansión

La unidad compresora seleccionada utiliza un tubo capilar como dispositivo de expansión cuya longitud y diámetro puede ser determinada mediante el método de tanteo fijando uno de los dos parámetros, bien sea, la longitud o el diámetro del tubo. Existen tablas que ayudan a fijar el parámetro, en este caso, fijamos el diámetro del tubo capilar con el número 49 y la longitud de 2,5 metros; la longitud final será especificada en el Capítulo V: Construcción del Equipo.

Los tubos capilares se utilizan habitualmente como elementos de expansión en pequeñas instalaciones por las razones siguientes:

- Facilidad de instalación.
- Bajo coste.
- Fiabilidad, no hay piezas en movimiento.
- Permiten la utilización de compresores de bajo par de arranque por el buen equilibrio de presiones.

Cuando el refrigerante líquido entra en el tubo capilar se produce una estrangulación, (aumenta la velocidad y disminuye la presión) y, como consecuencia, parte del líquido se evapora al cambiar de presión. Para evitar que se evapore todo el líquido

antes de entrar al evaporador, se suele soldar el tubo capilar junto con la línea de aspiración para evitar que robe calor del exterior.

Cuando se pone en marcha el compresor, se empieza a regar el evaporador con el refrigerante, el cual se evapora y va avanzando. Se suele colocar un termostato en la línea de aspiración antes del compresor para interrumpir su operación en el caso de que le llegue el refrigerante en estado líquido.

Al parar el compresor todo el refrigerante pasa al evaporador, pues no hay nada que lo impida gracias a la diferencia de presiones. Por esta razón, no se puede utilizar un recipiente en instalaciones con tubo capilar y se debe tener cuidado al dimensionar el filtro ya que el líquido podría acumularse allí y el filtro funcionaría como recipiente.

Cuando las presiones están igualadas, el motor arranca sin mucho esfuerzo. Los equipos congeladores suelen llevar un separador de partículas para evitar los golpes de líquido. En la placa de características del equipo se indica el peso de refrigerante que ha de llevar la instalación ya que la carga es crítica. La carga exacta para estos equipos se presenta cuando todo el refrigerante está evaporado en el evaporador en el momento en que el compresor está parado. Ajustamos las condiciones de trabajo de los equipos con tubo capilar con la carga de refrigerante; una carga escasa provoca una temperatura de evaporación demasiado baja, lo que tiene como consecuencia la disminución del rendimiento frigorífico y por lo tanto el evaporador se aprovechará sólo parcialmente. En cambio, una carga demasiado fuerte provoca una presión demasiado elevada y conduce a la sobrecarga del compresor pudiéndole llegar golpes de líquido.

3.4 Diseño del Dispositivo Agitador

3.4.1 Dimensionamiento

Debido que el dispositivo agitador se ubica en la parte interior de la cámara de enfriamiento, sus medidas vienen delimitadas por el cilindro interno del cuerpo de la cámara y según el análisis morfológico presentado en el capítulo anterior, se escogió la Idea B.2.2, ver plano en anexo, donde se especifican las dimensiones y geometría.

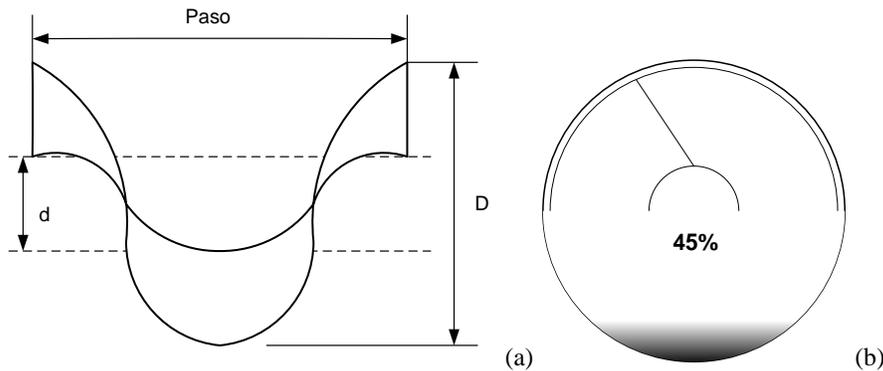


Figura 3.11: a) Relación paso-diámetro del tornillo sinfín, b) Coeficiente de llenado

3.4.2 Cálculo de Velocidad de Transporte del Tornillo Sinfín

Consideremos el caso de un tornillo que transporta líquido de helado, usando la ecuación de caudal:

$$q = V \cdot A \quad \text{Ec 3.9}$$

Sabiendo que:

V = velocidad de transporte

A = $\pi \cdot r^2 / 2 = 4,05 \times 10^{-3}$; área de la sección transversal de la cámara

D = diámetro del tornillo (m)

N = r.p.m

P = paso (m)

La velocidad de avance lineal del material a lo largo del tornillo, viene dada por:

$$V = PN/60 \text{ (m/seg)} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Y suele estar comprendida entre 0,2 y 0,4 m/seg para grandes transportadores de mercancías de toda clase⁷. Sin embargo, tomando en cuenta el espacio limitado a 0,35 m de longitud en la cámara de enfriamiento, resulta alta. Por otra parte en la literatura se encontró que los diámetros exteriores de los tornillos sinfín en la práctica son de 100 a 1000 mm, el paso depende de la aplicación va desde 1 a 0,6 de este diámetro y que el número de revoluciones por minutos oscila entre 40 y 120 rpm⁸, así tenemos, en este caso, que para el diámetro interno de la cámara de 0,10m, el cual corresponde al diámetro exterior del tornillo sinfín. Considerando lo sugerido por la bibliografía y comparando con las máquinas existentes estudiadas en capítulo I y II, determinamos los parámetros siguientes:

$$P = 1 \times D = 1 \times 0,10\text{m} = 0,10 \text{ m paso del tornillo sinfín}$$

Entonces la velocidad de avance lineal para el sistema, con N= 50 rpm, es:

$$V = 0,10 \text{ m} \times 50 \text{ rpm} / 60 = 0,08 \text{ m/seg}$$

Sustituyendo el valor de V en la Ec. 3.9 se obtiene: $q = 3,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$.

3.4.3 Potencia Requerida en el Eje del Mezclador

⁷ TARGHETTA, A. "Transporte y almacenamiento de materias primas en la industria básica". Pag.

El trabajo (W) hecho en una revolución es igual a la fuerza multiplicada por la distancia a través de la cual se mueve la fuerza, por lo tanto,

$$W = F (d) \quad \text{Ec. 3.11}$$

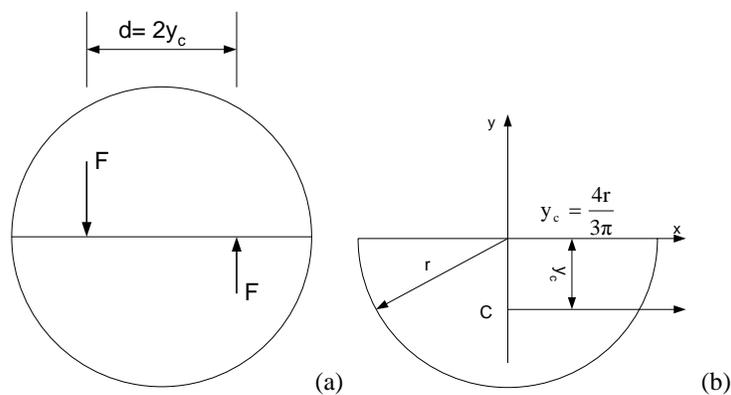


Figura 3.12: a) Punto de aplicación de la carga sobre el batidor, b) centroide de la sección de transporte

Y el trabajo también es igual al par de torsión multiplicado por la distancia angular medida en radianes, con el análisis de fuerzas para el mezclador mostrado en la Figura 3.10, con $F=2 \text{ Kgf} = 19,6 \text{ N}$, debido al peso del helado y el batidor, además se conoce el punto de aplicación de la carga $y_c=0,043 \text{ m}$ se tiene que:

$$T = 2 y_c * F = 2(0,043 \text{ m}) * 19,6 \text{ N} = 1,7 \text{ Nm}$$

Para determinar la potencia en kilowatts (kW), correspondiente al par de torsión ya calculado y una velocidad de rotación de 50 medida en rpm, se tiene:

⁸ HEEPKE, W. "Máquinas elevadoras", La escuela del técnico mecánico. Tomo V. pag. 247.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T / 60.000 \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,7 / 60.000 = 8,9 \times 10^{-3} \text{ kW}$$

Se requiere 9 vatios de potencia sin considerar las pérdidas debido a la fricción, razón por la cual asumimos un ⁹factor de seguridad de 3 para un total de 27 vatios de potencia requerido en el eje del agitador.

3.5 Diseño del Dispositivo del Dispensador

Según el análisis morfológico, el dispensador a diseñar tiene la geometría que se muestra en la figura siguiente:

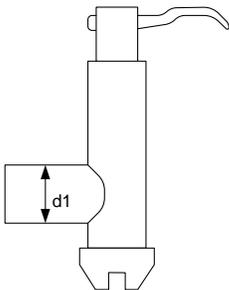


Figura 3.13: Geometría del dispensador

Para determinar el diámetro del cilindro del cuerpo del dispositivo partimos de la idea que un cono de helado tiene aproximadamente una masa de 75 gramos y es dispensado en 4 segundos, de aquí se obtiene el caudal del dispensador:

$$q_1 = m/t = 0,075 \text{ kg}/4\text{seg} = 0,02 \text{ Kg/seg}$$

⁹ Factor de seguridad sugerido para aplicaciones típicas de carga suave, fuente R. Mott, "diseño de elementos de máquinas".

Usando la densidad del helado de 1,1 kg/L, y 1000 L= 1m³, se tiene que:

$$q_1 = 1,73 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg}$$

Por otra parte, como tenemos el caudal en la cámara de enfriamiento, el cual llamaremos $q_2 = 3,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$, la relación estos dos caudales es aproximadamente de 19,25, aplicando esta misma relación para las áreas tenemos lo siguiente:

$$A_1 = A_2 / 19,25$$

Donde:

$A_2 = 4,05 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, es el área de la sección de transporte

$A_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = \pi * d_1^2 / 4$, A_1 = área de la sección transversal del dispensador y d_1 = diámetro del dispensador.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4A_1}{\pi}} = 0,016 \text{ m}$$

Con este diámetro podemos seleccionar el tubo de acero AISI 316 de 1 pulgada de diámetro externo, con un espesor de 3mm existente en el mercado.

3.5.1 Tornillos de la tapa frontal de la cámara de enfriamiento

Los tornillos algunas veces se seleccionan en forma más bien arbitraria, tal es el caso en usos que no son críticos, donde las cargas son pequeñas, y por consiguiente no están sometidos a grandes esfuerzos. Para la tapa frontal se seleccionaron 4 tornillos de diámetro 5/16 pulgadas, 3 ¼ pulgadas de largo y de cabeza hexagonal, con un criterio basado, principalmente, en factores como apariencia, facilidad de manipulación y ensamble, y costo.¹⁰

3.6 Cálculo y Selección del Motor del Agitador

¹⁰ Robert Juvinall, "Fundamentos de diseño para Ingeniería Mecánica", Pag. 349

¹¹Partiendo de 50 rpm y un torque de 1,7 N.m requerido en el agitador para su funcionamiento, se procede al cálculo y selección de potencia del motor que impulsa dicho sistema.

Considerando que todo el sistema debe ser alimentado con un voltaje de 110 voltios, el motor debe ser monofásico y en el mercado venezolano no existen motores de 50 rpm monofásicos, por tal razón se utilizará un reductor de velocidad. Por otro lado seleccionamos 1500 rpm para el motor, por ser la velocidad más baja y común en este tipo de motores monofásicos del mercado venezolano, ya que de ello depende la relación de entrada y salida del reductor lo cual incide significativamente en el costo de estos, mientras más baja es la relación del reductor el costo se incrementa para una misma potencia de transmisión.

Las rpm del motor y las deseadas es la relación del reductor, lo que resulta de: 1:30 la relación seleccionada, lo cual significa que para cada 30 vueltas del motor, el eje de salida del reductor sólo realiza una.

Con esta relación podemos fijar el reductor conveniente y con los criterios de bajo peso, tamaño, costo y existencia en el mercado, seleccionamos un reductor que se especifica en la tabla siguiente:

REDUCTOR TIPO	POTENCIA MÁX. DE ENTRADA (HP)	RELACIÓN
sinfín-engrane	1/4	1:30

Tabla 3.7: Especificaciones del reductor seleccionado

Como sólo se necesita 1,7 N.m en la salida del reductor (sin considerar pérdidas de fricción), consideramos un factor de seguridad de 3 debido a las pérdidas¹², para un

¹¹ Velocidad recomendada para tornillos sinfin y tubos transportadores, "Máquinas elevadoras", Tomo V, W. Heepke, 247.

total de 5,1 N.m, como el reductor tiene una relación de 1:30, esto significa que a la entrada del reductor $5,1/30 = 0,17$ N.m, con este torque calculamos la potencia requerida del motor con la siguiente ecuación:

$$hp = \frac{T(lb.pie)2\pi.n}{33000} \quad \text{Ec. 3.13}$$

para $n=1500$ rpm, se obtuvo una potencia de 36 w (ver tabla 3.9), en el mercado el motor más cercano a la potencia requerida es como indica la tabla siguiente:

MOTOR	RPM	AMPERIOS (A)	TORQUE DE SALIDA (N.M)	POT. SALIDA (W)
monofásico	1450	1,5	0,32	50

Tabla 3.8: Especificaciones del motor seleccionado

POTENCIA MOTOR	ENTRADA REDUTOR	AL	SALIDA REDUTOR	DEL
Seleccionado	50 w	0,3 N.m	50 w	9 N.m
Requerido	36 w	0,17 N.m	27 w	5,1 N.m

Tabla 3.9: Comparación del motor requerido y seleccionado.

3.7 Sello de la Cámara Evaporativa

3.7.1 Descripción del sello mecánico

Cierre mecánico cuyos componentes son intercambiables, permite una amplísima gama de aplicaciones, incluyendo líquidos sucios.

¹² factor de seguridad sugerido para aplicaciones industriales típicas, "Diseño de elemento de máquina", R. Mott, 298.

La posibilidad de recambiar sólo los anillos de desgaste después de un período normal de trabajo reduce el costo del mantenimiento, eliminando la necesidad de sustituir el cierre entero.

Sus partes metálicas son de acero inoxidable y las juntas pueden ser en diversas calidades de elastómero¹³, lo que amplía la gama de aplicaciones de este tipo de cierre.

Se seleccionó el sello por geometría requerida, cuyo diámetro es de 16 mm, tipo RN (ver anexo E)



Figura 3.14: Sello mecánico tipo RN

A continuación se muestra los tipos de acoples existentes en el mercado, donde seleccionamos el tipo “d”, con inserto de elastómero, el cual permite un desalineamiento atenuando posibles vibraciones, estos acoples se usarán tanto en la transmisión del motor-reductor, como del reductor-árbol del sello.

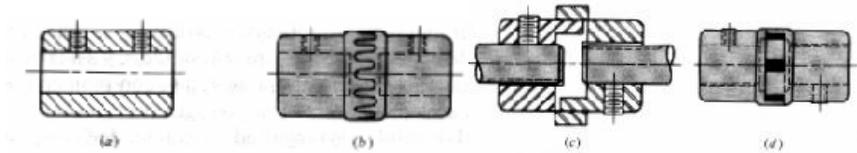


Figura 3.15: Tipos de acoples comunes: a) de casquillo, b) dentado para servicio ligero, c) por compresión, d) de tres quijadas o mordazas, dispone de insertos de goma, para minimizar las vibraciones. (fuente, “Diseño en Ingeniería Mecánica”, R., Juvenal, pág. 739.)

3.7.2 Verificación del Diámetro del Árbol del Sello

Para determinar el diámetro del eje se consideró:

- Un eje rotatorio de transmisión de potencia.
- La componente axial F es despreciable.
- Carga estática de $P_1 = 19 \text{ N}$ constante debida al peso del batidor y una carga fluctuante debida al líquido del helado al agitarlo. (ver figura 3.17)
- El peso del eje se desprecia.
- El plano XY , puesto que en el plano YZ las reacciones de fuerza cortantes son iguales a cero.

Con formato: Numeración y viñetas

¹³ Material con propiedades elástica, “goma”.

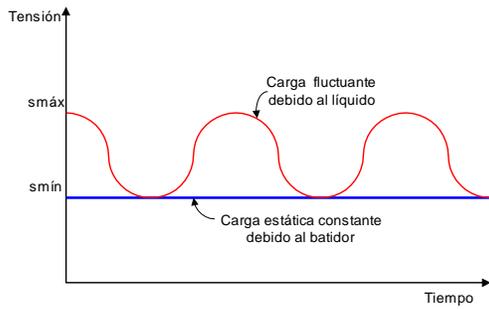
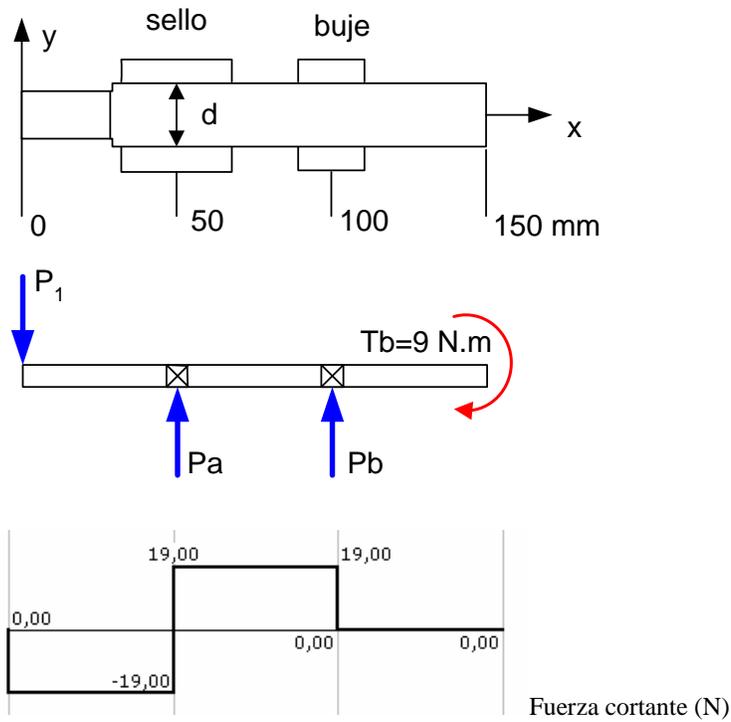


Figura 3.16: Tipo de carga a la cual está sometido el árbol del sello.

Usando el programa MDSOLID versión 2.4 se graficó:



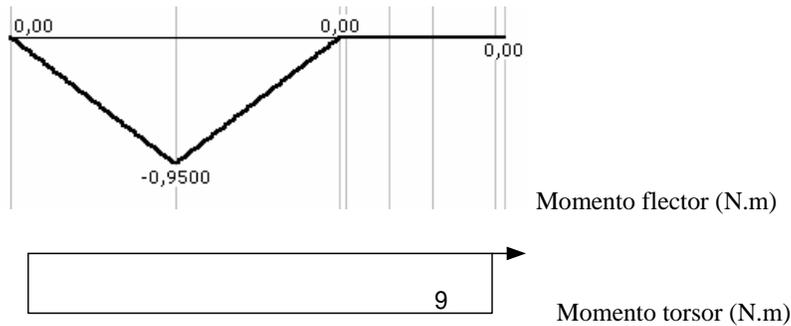


Figura 3.18 Configuración del árbol y gráficas de fuerzas cortantes, momento flector y torsión en el plano XY.

Sabiendo que el árbol de sello es de acero inoxidable AISI 304 que gira a 50 rpm, con un $S_{ut}=568$ Mpa.(82,4 Ksi) y con un torque aplicado de 9 N.m, aplicando la teoría de “falla por energía de distorsión”, con las siguientes ecuaciones ¹⁴:

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{\pi \cdot d^3} \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 3.14}$$

Donde:

$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot S_e' = 127,65$ MPa, límites de resistencia a la fatiga

$K_a = a \cdot S_{ut}^b$, factor de superficie = $4,51$ MPa $(568)^{-0,265} = 0,84$

$K_b = (d/7,62)^{-0,1133} = 0,92$ factor de tamaño.

$K_c = 0,577$, factor de carga.(torsión y cortante)

$K_d = 1$, factor de temperatura.

$K_e = 1/K_f$, factor de efectos diversos.

$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1$; $q = 0$, factor de concentración de esfuerzos por fatiga.

$S_e' = 0,504 S_{ut} = 286,27$ MPa

$M_a = 0,95$ N.m, momento máximo toma de la gráfica.

¹⁴ Método para el cálculo de factor de seguridad en diseño de ejes, sugerido en “Diseño en Ingeniería Mecánica”, J. Shigley, 807 y 320.

$T_m = T_b = 9 \text{ N.m}$, torque máximo.

$d = 16 \text{ mm}$, diámetro asumido para el sello.

Sustituyendo en la ecuación 3.14, y despejando, obtenemos que el factor de seguridad $n = 25$, lo que demuestra que el eje no falla por fatiga.

3.8 Selección de la Planta Eléctrica

A fin de evitar la sobrecarga y los posibles daños al generador, resulta necesario conocer la potencia total de la carga conectada, para determinar qué herramientas el generador hará funcionar, se sigue los pasos a continuación¹⁵:

- Determinar el número de aparatos que funcionan simultáneamente.
- Verificar los requerimientos de potencia de arranque y de funcionamiento especificada en la etiqueta o en el catalogo (Amperios X Voltios = Watts o Potencia).
- La potencia necesaria de arranque es la suma de cada aparato.
- La potencia de arranque/sobretensión y funcionamiento debe equiparse o sobrepasar la cantidad total de Watts que requiere el equipo que se desea hacer funcionar.

“Nota: Se recomienda superar de $2 \frac{1}{2}$ a 4 veces la potencia mencionada para arrancar el equipo”.¹⁶

- Siempre conectar la carga más grande primero y luego agregar los equipos uno a la vez.

¹⁵ Extraído del manual de operación de la planta eléctrica, ver anexo.

¹⁶ Recomendación del manual de operación y mantenimiento del generador, ver anexo correspondiente.

- Los electrodomésticos o herramientas impulsadas por motores requieren más potencia que lo especificado para arrancar.

La siguiente tabla muestra el caso crítico de funcionamiento para cada uno de los motores del sistema.

MOTOR	POTENCIA DE FUNCIONAMIENTO (W)
Motor del compresor de la unidad condensadora	575
Motor del ventilador de la unidad condensadora	94.3
Motor del agitador	50
Total	719,3

Tabla 3.10: Potencia de funcionamiento requerida

Siguiendo la recomendación para selección de la potencia de operación segura en plantas eléctricas portátiles. En el caso más crítico, equivale a potencia de arranque de todos los motores en funcionamiento simultáneamente.

$P=4*\text{total de potencia de funcionamiento de los equipos en conjunto}= 4*719,3 = 2877,2 \text{ watts}$. Con esta potencia y los criterios de peso, dimensiones y costo principalmente seleccionamos la planta eléctrica con las siguientes especificaciones:

GENERADOR ELÉCTRICO	Maxa ohv
Marca	Coleman Powermate
Motor	Tecumseh OHH 45-65, 5.5 hp, gasolina sin plomo, dos

	tiempos, aceite Sae 5W30, escape silenciador, protección de nivel de aceite.
Potencia de Salida del Generador de Operación	3000 watts
Dimensiones	50x50x40 cm.
Peso total	60 kg.

Tabla 3.11: Especificaciones de la planta seleccionada (Ver más especificaciones en anexo D)

3.9 Estructura y Portabilidad del Sistema

3.9.1 Distribución de los Subsistema en la Estructura

Para la distribución de los subsistemas en la estructura, es necesario conocer el centroide del conjunto de ellos, consideramos los tres subsistemas más importantes, la cámara enfriamiento, la unidad compresora y la planta eléctrica de 25kg, 41kg y 60kg respectivamente. Además, asumimos que los centroides de los subsistemas están ubicados en el centro de su sección transversal y en un plano que divide verticalmente a la estructura en dos partes iguales.

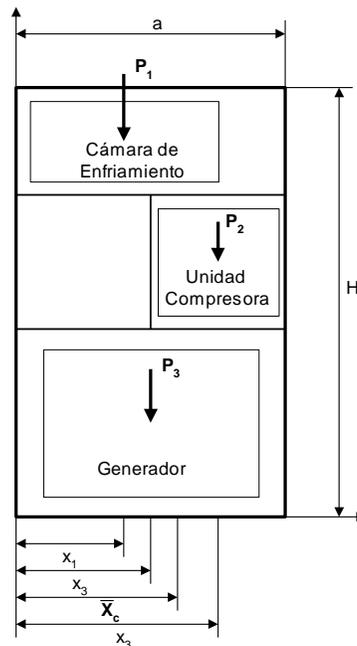


Figura 3.19: Ubicación de los centros de masa de los subsistemas principales.

Siendo:

$a=65$ cm y $b=50$ cm, el largo y ancho respectivamente de la máquina, fijada de acuerdo al largo de la planta eléctrica.

$H=133$ cm, la altura de la máquina sin incluir la altura de las ruedas, fijada por la suma de las alturas de los tres subsistemas cámara de enfriamiento, planta eléctrica y unidad compresora, cuyos pesos son: P_1 , P_2 , y P_3 , respectivamente.

Por las consideraciones antes mencionadas $X_3=32,5$ cm, $X_1=17,5$ cm es la mitad de la longitud de cámara de enfriamiento y $X_2=65-14=51$ cm, \bar{X} se calcula mediante la siguiente expresión de centroide:

$$\bar{X} = \frac{X_1 \cdot A_1 + X_2 \cdot A_2 + X_3 \cdot A_3}{A} = \frac{17,5 \cdot (20 \cdot 40) + 51(28 \cdot 38) + 32,5(50 \cdot 40)}{(65 \cdot 133)} = 15,41 \text{ cm} \quad \text{Ec.3.15}$$

El centro de masa es:

$$\bar{X}_G = \frac{X_1 * m_1 + X_2 * m_2 + X_3 * m_3}{M} = \frac{17,5 * (25) + 51(41) + 32,5(60)}{(126)} = 35,5 \text{ cm} \quad \text{Ec.3.16}$$

3.9.2 Selección y Ubicación de las ruedas

Con la coordenada del centro de masa podemos ubicar las ruedas en equilibrio en la base de la estructura como se muestra en la figura siguiente:

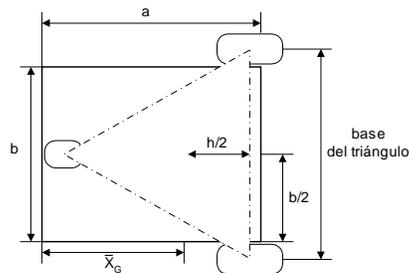


Figura 3.20: Vista de la ubicación de las ruedas en la base de la estructura.

Las ruedas están ubicadas en los extremos del triángulo cuya altura $h = 45 \text{ cm}$, base 55 cm y su centroide es colineal con las coordenadas X_G y Z_G del centro de masa de toda la estructura, lo cual garantiza el equilibrio estático del sistema.

Para la selección de las ruedas, se determinó el peso total de la máquina, suponiendo la máquina cargada de líquido de helado y gasolina. En la tabla siguiente se detallan los pesos de los componentes:

COMPONENTE	PESO (KG)
Planta eléctrica	60
Unidad condensadora	41
Cámara de enfriamiento	25

Estructura, accesorios y cubierta	30
Total	156

Tabla 3.12: Peso de la máquina.

Con el peso total se seleccionaron las ruedas, partiendo del hecho de que al distribuir la carga, cada una debe soportar una carga de 52 Kg.



Figura 3.20: Rueda neumática Lateral.



Figura 3.21: Rueda maciza para direccionamiento

TIPO DE RUEDAS	CANTIDAD
Rueda de rin y tripa, diámetro 26 cm, presión de aire 30 psi, carga 150 kg, con rodamiento deslizante.	2
Rueda de direccionamiento maciza, diámetro 18 cm.	1

Tabla 3.13: Ruedas Seleccionadas.

SERIE NEUMATIC (NM) con llanta metálica (SERIE NEUMATIC (NM) con llanta metálica (CH) Cubierta con 4 pr., presión hinchado 2,5 atm. aprox.



215	60	60	20	100	24216
260	85	75	20	200	2PR 24262 4PR 24260
260	85	60	20	200	2PR 24263 4PR 24261

Tabla 3.14: Especificación de ruedas neumáticas, (fuente: www.ruedasllopis.com)

Verificando el diámetro del eje de la rueda de 20 mm, 0,15 m de longitud y una carga de 52 Kg (Usando el programa MDSOLID versión 2.4 graficamos:

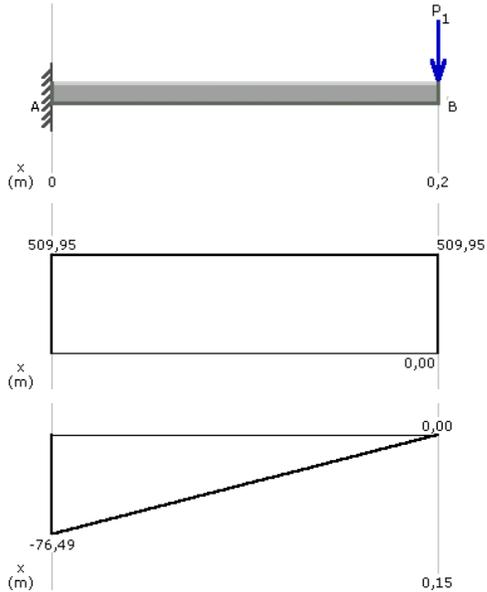


Figura 3.22: Diagramas de fuerzas cortantes y momento del eje de la rueda.

El factor de seguridad se calcula mediante la expresión siguiente:

$$n = \frac{|M_{m\acute{a}x}|}{F_y * S_{\min}} \quad \text{Ec. 3.17}$$

dónde:

n = Factor de seguridad.

M_{\max} = Momento máximo (N.m).

F_y = Límite de fluencia(N/m²).

S = Módulo de sección (m³)= I/c , $c=r$.

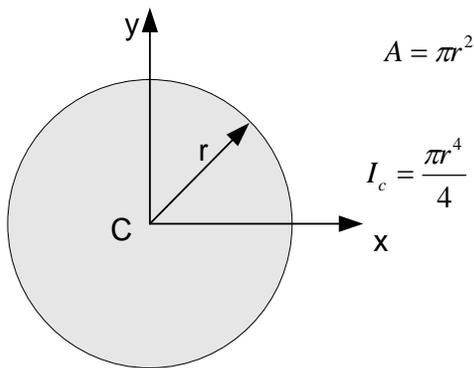


Figura 3.23: Propiedades de la sección circular

con $S_{\min} = 785,4 \text{ mm}^3 = 785,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ y $F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2 = 2500 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$, nos da un factor de seguridad de:

$n = 3,89$, siendo lo usual para el cálculo de vigas un F.S = 0.69, según el catalogo de productos siderúrgicos de FERRUM y la bibliografía consultada.

cALIDAD	PTO. CEDENTE	ESFUERZO	aLARGAMIENTO
	F_y KG/CM ² (MIN)	MAX. F MIN. KG/ CM ²	% 50 MM.
ASTM A 36	2500	4100/5600	20

Tabla 3.15: Propiedades Mecánicas (Fuente catálogo de productos siderúrgicos FERRUM, ver anexo L)

3.9.3 Cálculo de la soldadura del eje de la rueda

El tipo de unión soldada está sometido a flexión, el esfuerzo cortante se halla mediante la siguiente ecuación¹⁷:

$$\tau = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 3.18}$$

donde:

$$I = 0,707 h I_u$$

$$I_u = \pi r^3, \text{ segundo momento de área unitario, } c=r= 10\text{mm.}$$

M= 76,49 Nm, momento en la unión, tomado de la gráfica de momento anterior.

H= 6mm, espesor de la cara de la soldadura.

Se cálculo $\tau= 57,37$ MPa, luego el factor de seguridad que viene dado por:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{Ec. 3.19}$$

Donde: $S_{sy}= 0,66S_y=161,81$ MPa, es esfuerzo permisible a flexión con unión a tope, para aceros¹⁸ ASTM AE-25, $S_y= 0,5S_u$, $S_y= 250$ MPa, según el material del eje en la tabla de propiedades mecánicas.

Sustituyendo se obtiene que $n = 4,27$, se puede concluir que la soldadura del eje de la rueda es segura.

El código de la American Welding Society (AWS), la cual se muestra en la tabla 3.18, contiene valores permisibles de tensión del metal soldante, de aquí concluimos que se puede usar un electrodo E60xx basándonos en la resistencia de fluencia del material, se permite el uso de uno o varios aceros estructurales ASTM.

FORMA DE UNIÓN	ÁREA DE LA GARGANTA	SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA
----------------	---------------------	-------------------------

¹⁷ Tablas y ecuaciones de Flexión en uniones soldadas, Diseño en Ingeniería Mecánica, J. Shigley, pág. 448.

¹⁸ Propiedades mecánicas del material en anexo L, catálogo de productos siderúrgicos de FERRUM.

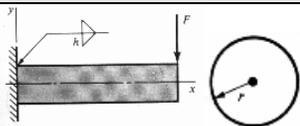
		UNITARIO
	$A = 1,414\pi hr$	$I_u = \pi r^3$

Tabla 3.16: Soldadura del eje de la rueda

nÚMERO DE ELECTRODO AWS	RESISTENCIA ÚLTIMA KPSI (MPA)	RESISTENCIA DE FLUENCIA KPSI (MPA)	eLONGACIÓN (%)
E6013	62 (427)	50 (345)	17-25

Tabla 3.17: Propiedades del metal soldante. Fuente SHIGLEY, J. "Diseño en Ingeniería mecánica", (ver anexo M)

3.9.4 Perfil de la Estructura

La carga distribuida sobre una viga de la base es:

$$w = \frac{\text{peso total de la máquina}}{4 * L} \quad \text{Ec. 3.20}$$

L es la longitud de la viga más larga (0,65m).

Se tomará una viga de perfil cuadrado de acero estructural para el estudio de las cargas y su selección y considerando la viga más crítica en la base de la estructura, la cual soporta una carga distribuida de 600 N/m aproximadamente, debida a los pesos de los sistemas de refrigeración, de la cámara evaporativa y de potencia, se realizo el estudio tal como se muestra en la tabla 3.12.

Usando el programa MDSOLIDS versión 2.4, se elaboraron los diagramas que se presentan a continuación:

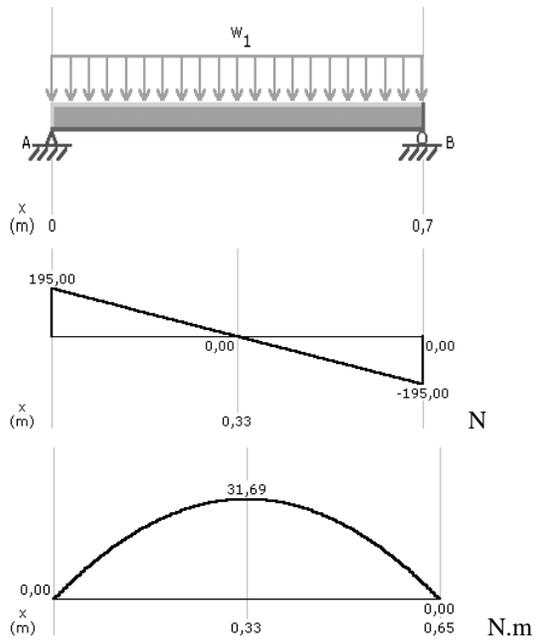


Figura 3.24: Diagrama de fuerzas cortantes y momentos de la viga de la estructura

El esfuerzo de fluencia para el acero ASTM-A-36 $F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$, el momento máximo tomado del diagrama de momento es de $31,69 \text{ N.m}$, entonces se define el modulo de sección mínimo requerido como:

$$S_{\min} = \frac{|M|_{\max}}{F_b} = \frac{31,69 \times 10^2}{17250} = 0,18 \text{ cm}^3 \quad \text{Ec. 3.21}$$

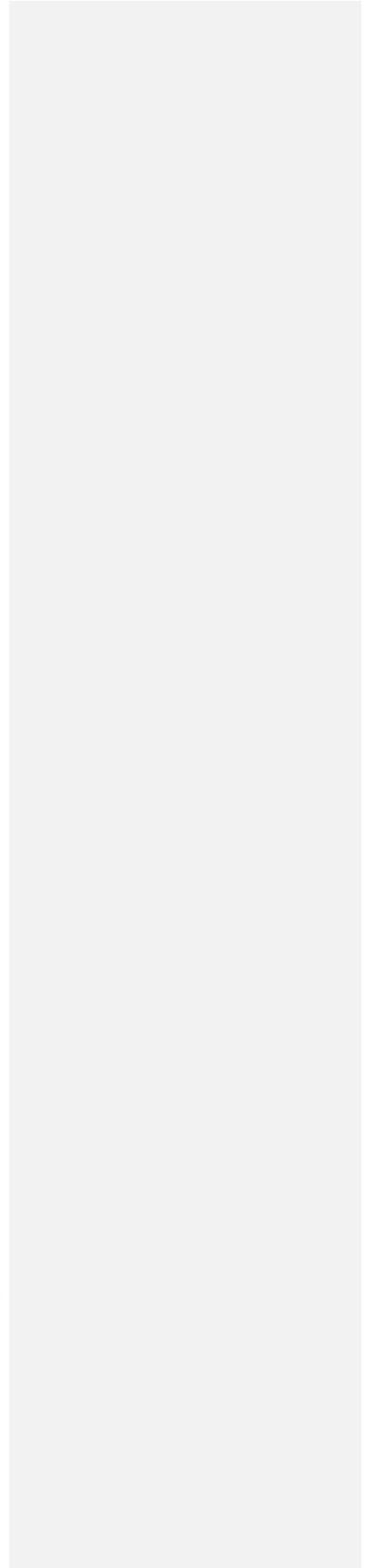
Donde $F_b = 0,69 * F_y = 17250 \text{ N/cm}^2$

De lo que resulta, $S_{\min} = 0,18\text{cm}^3$, con este valor se seleccionó el siguiente perfil, de acuerdo a su peso, costo y a la existencia en el mercado.

TUBERÍA PERFIL CUADRADO, ASTM-A-36.			
Dimensiones (Pulg)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	S (cm ³)
1 1/4x 1 1/4	0,90	0,884	0,579

Tablas 3.19: Selección de tubería de sección cuadrada.(fuente, catálogo de productos siderúrgicos, FERRUM, ver anexo L)

CAPITULO IV
SISTEMA DE CONTROL



Entre las razones de incorporar un sistema de control que gobierne la operación de la máquina, se incluyen la de permitir al usuario facilidad de operación de los distintos procesos que se realizan, liberar al operador de la responsabilidad de proteger los distintos equipos y dispositivos, ahorro de energía específicamente en el caso de la unidad condensadora, la cual se detiene cuando el sistema de refrigeración alcanza la temperatura deseada.

Adicionalmente un sistema de control permitiría realizar adecuadamente las siguientes funciones según los requerimientos de la máquina.

- Seleccionar el suministro de potencia, ya sea por la planta eléctrica o el servicio eléctrico nacional.
- Arranque secuencial de los motores del compresor, agitador y ventilador en orden decreciente para evitar una sobrecarga en el generador.
- Protección de los distintos motores, evitando exponer estos a sobrecargas.
- Mantener la mezcla del helado en el rango de temperatura deseada, evitando la solidificación de la misma y manteniendo su consistencia al ser dispensado.
- Refrigerar el líquido de helado con el agitador detenido, para mantenerlo libre de bacterias cuando no se esté dispensando el helado.

Para el desarrollo y elaboración del sistema de control que gobierna todo el sistema de la máquina se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- a) Las especificaciones técnicas del sistema o proceso a automatizar y su correcta interpretación.
- b) La parte económica asignada para no caer en el error de elaborar una nueva opción desde el punto de vista técnico, pero inviable económicamente.
- c) Los materiales, aparatos, etc., existen en el mercado que se van a utilizar para diseñar el automatismo. En este punto es importante conocer también:
 - Calidad de la información técnica de los equipos.
 - Disponibilidad y rapidez en cuanto a recambios y asistencia técnica.

4.1 Narrativa del Sistema de Control

La potencia es suministrada a toda la máquina alternativamente a partir del generador de la planta eléctrica o del servicio eléctrico nacional, mediante un selector bipolar. Además, el voltaje es controlado mediante un regulador que garantiza el arranque de los motores a bajo riesgo con un voltaje constante. Los motores del agitador y de la unidad condensadora tienen dos modos de funcionamiento que son controlados por un conmutador de dos pases; en el primer modo, denominado modo de conservación, el sistema de refrigeración mantiene la temperatura del líquido del helado en donde sólo la unidad condensadora está en funcionamiento a través del ajuste del termostato a 5 °C aproximadamente; en el segundo modo, denominado modo de distribución la unidad condensadora y el agitador operan simultáneamente, al ser seleccionado este modo, el motor la unidad condensadora arranca primero y 10 segundos más tarde, el motor del agitador es accionado mediante un temporizador. Se debe ajustar el termostato para que el sistema de refrigeración trabaje a -5 °C en la cámara de enfriamiento. Adicionalmente, cada motor está protegido por un relé térmico que interrumpe el funcionamiento del motor en caso de tener sobrecarga en su sistema.

4.2 Diagrama de Conexión

Se denomina también Esquema de Cableado, representa la conexión eléctrica de los componentes de un sistema de regulación y el equipo que gobierna. La representación se hace mediante símbolos normalizados y su característica primordial es que presenta todos los componentes tales como transformadores, interruptores, protectores contra sobrecarga, etc., en su posición relativa en la instalación. También se indican con letras y números todos los conductores, de manera que es fácil seguir y probar todos los hilos de la instalación. Los contactos de los pulsadores, relés, y contactores se representan en su posición normal sin energizar. Las conexiones se presentan en el esquema o diagrama mirando desde la parte posterior del panel, lo que

facilita al operador trabajar en la instalación o mantenimiento. Los trazos para indicar los hilos están separados por lo menos 3 mm y deben ser horizontales y verticales, los cruces y ángulos se limitan al mínimo; se utiliza; además, trazo fuerte para circuito de potencia y trazo fino para circuito de control.

4.3 Selección de Dispositivos del Sistema de Control

4.3.1 Contactores

Es un interruptor accionado a distancia por medio de un electroimán, cuando éste se magnetiza, el contactor se abre o cierra, según conveniencia, generalmente con resorte.

Para selección de un contactor es necesario tener presente lo siguiente:

- El tipo de corriente (AC, DC), tensión y frecuencia de alimentación de la bobina.
- La tensión nominal de la carga
- El tipo de maniobra a realizar: inversión, apertura con el motor arrancándolo, etc.
- La frecuencia de maniobras
- Numero de contactos auxiliares.
- Categoría de empleo: AC1, AC2, AC3 y AC4

Siguiendo las indicaciones anteriores seleccionamos el contactor siguiente:

TIPO DE CONTACTOR	lc1-d25.a65
Tipo de corriente	115 AC
Potencia	6 w
Categoría de empleo	AC2, motor devanado, corte en marcha, corte en arranque.
Amperios	25

Tabla 4.1: Especificaciones del contactor

4.3.2 Relé Térmico

Es un elemento de protección cuya finalidad es proteger una carga, los aparatos de maniobra, o la instalación propiamente dicha contra posibles daños producidos por el paso de intensidades inadecuadas de origen mecánico o eléctrico.

Seleccionamos un relé térmico para asegurar la protección contra sobrecargas pequeñas pero prolongadas. Se selecciona mediante los amperios del motor sin ninguna otra corrección.

4.3.3 Temporizador

Es un dispositivo que se activa al cabo de un tiempo cuando su bobina es energizada: Su función es controlar el tiempo de entrada y salida de una corriente. Se selecciona de acuerdo al rango de tiempo, tipo de corriente y potencia.

4.3.4 Conmutadores

Son dispositivos selectores de un tipo de operación en el sistema de control, puede ser de varios modos de operación, y su selección se basó en el tipo de corriente, amperios y número de modos de operaciones a realizar.

Seleccionamos dos conmutadores con las siguientes especificaciones:

1. Conmutador bipolar, dos modos de operación, 25 amperios, 115 voltios.
2. Conmutador monopolar, tres modos de operación, 25 amperios, 115 voltios.

4.3.5 Termostato

Es un dispositivo interruptor que funciona por variación de temperatura del medio que se quiere controlar. Está provisto de un tubo capilar lleno de líquido, que al dilatarse, ejerce una presión sobre un mecanismo que abre o cierra un interruptor. Su selección es mediante el rango de temperatura que se desea, tipo de corriente y amperios.

Seleccionamos el termostato con el rango de temperatura desde 8,5 C a -20 C, normalmente cerrado.

4.4 Elementos del Diagrama Eléctrico

El diagrama de control y potencia del sistema se realiza con la especificación de la nomenclatura de la siguiente tabla:

ENTRADAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Conmutadores	C1	Conmutador bipolar de dos pases
	C2	Conmutador monopolar de tres pases
	RV	Regulador de voltaje
	TM	Termostato
Temporizador	RT	Temporizador ON DELAY
	rt	Bobina asociada al temporizador
Relé	RX	Relé OFF DELAY
	rx	Bobina asociada al relé

Contactores para el movimiento del sistema	1M	M1 arranque y parada del motor del agitador
	M1	Motor del agitador
	2M	M2 arranque y parada del motor de la unidad condensadora
	M2	Motor de la unidad condensadora
Térmicos	OL1	Térmico del motor del agitador
	OL2	Térmico del motor de la unidad condensadora
Aterramiento	T	Conexión a tierra
Entradas de potencia	L	Línea de fase
	N	Línea neutra
	LG	Línea de fase del generador
	NG	Línea neutra del generador
	LS	Línea de fase del servicio eléctrico nacional
	NS	Línea neutra del servicio eléctrico nacional

Tabla 4.2: Elementos del diagrama eléctrico.

4.5 Diagramas de Control y Potencia

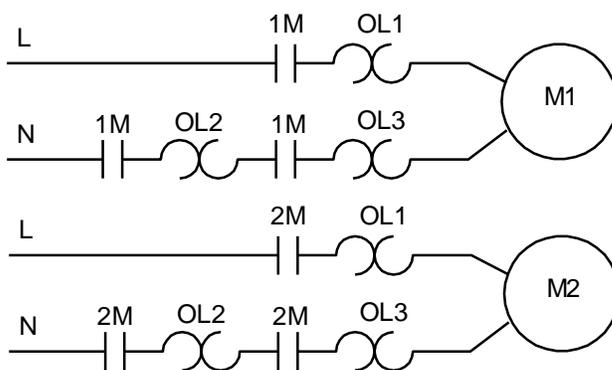


Figura 4.1: Diagrama de Potencia

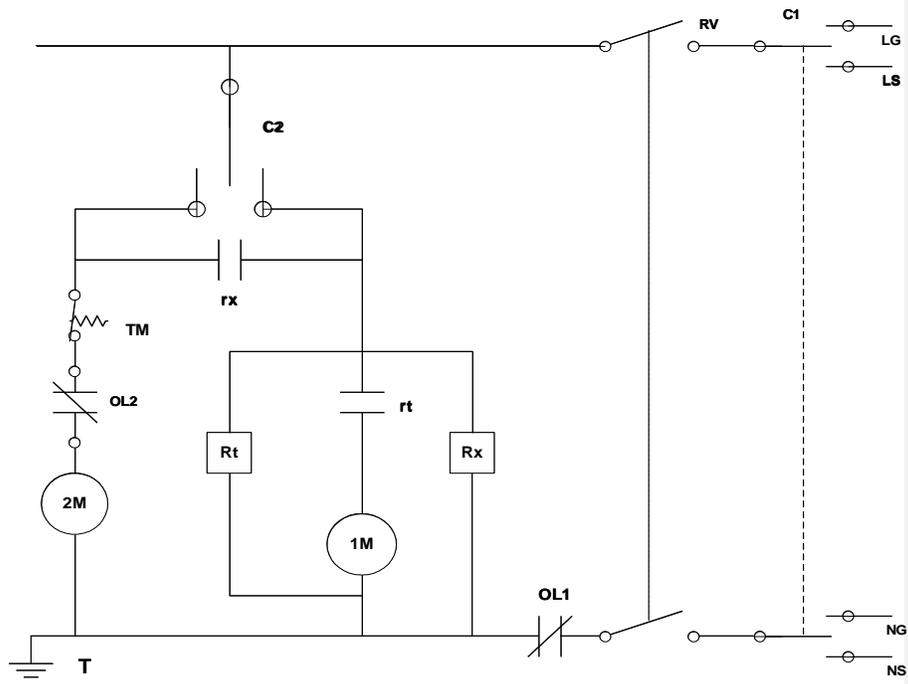
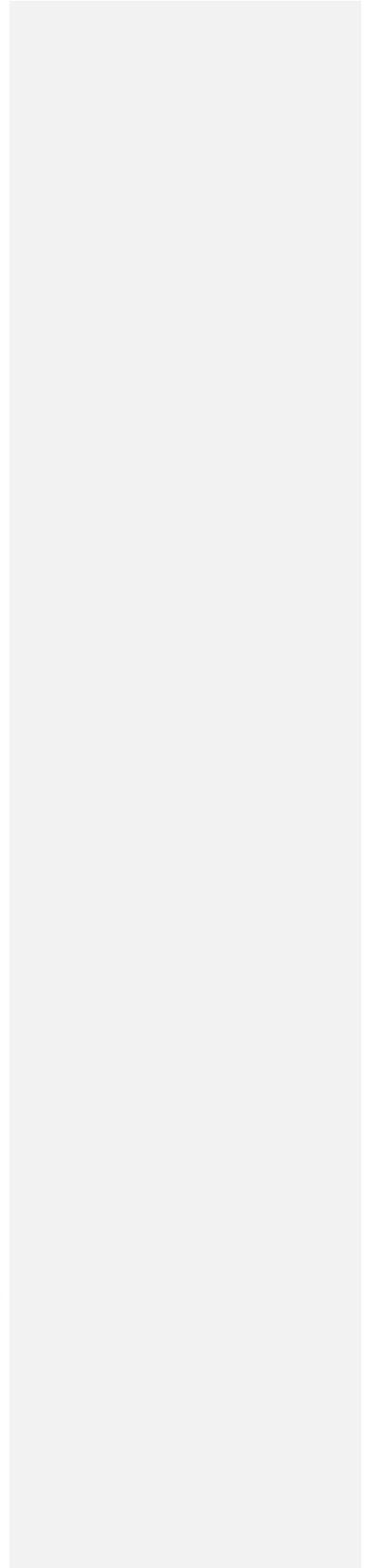


Figura 4.2: Diagrama de Control

CAPITULO V
CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO



Básicamente, la construcción consiste en ensamblar el conjunto de equipos, dispositivos, elementos, componentes y piezas, con la finalidad de poner en funcionamiento una máquina, según las exigencias del usuario y del diseño.

5.1 Memoria Descriptiva de Construcción

Seguidamente se describen todas las etapas y los procesos por los cuales pasó el diseño seleccionado para ser construido en el taller metalmecánica. Para la construcción del equipo, el proceso se dividió en seis fases, éstas son:

- Fase I. Cámara Enfriamiento
- Fase II. Dispensador y agitador
- Fase III. Estructura y Portabilidad
- Fase IV. Instalación de la Unidad Condensadora y Generador
- Fase V. Cubierta Exterior
- Fase VI. Sistema de Control

Fase I. Cámara de Enfriamiento: Fabricada completamente en acero inoxidable AISI 316 y 304, todas sus partes están unidas con soldadura TIG con protección de argón. Se eligió este proceso por su alto rendimiento en este tipo de material. La preparación del bisel es sólo limpieza de junta.

Los cortes del cilindro interior y cilindro del sello se realizan con la tronzadora. La cámara evaporativa consiste en una lámina del mismo material, doblada con una cilindadora y luego soldada al cuerpo de la cámara interior. Seguidamente se corta la tapa posterior con el torno donde va acoplado el sello en su parte central. Después se cortan las tapas circulares más externas de la cámara, en donde se fijará la camisa exterior. Tanto la camisa exterior como la cámara interior son agujeradas con el taladro, donde se fijará con soldadura el tubo que conecta éste al tanque de líquido de

CAPITULO V
Construcción del Equipo

helado. Posteriormente se procede a instalar el terminal del bulbo del termostato seleccionado entre la parte exterior de la cámara de enfriamiento y el aislamiento de poliuretano expandido.

Las láminas que conforman el tanque de líquido se cortaron con una guillotina y se agujeró con un taladro la lámina del fondo del tanque, el cual dispone de una tapa rectangular con doblez alrededor de su borde y unida con dos bisagras soldadas al tanque.

Luego de soldadas todas las partes que lo requieren, se procede a la montura del sello seleccionado y el eje previamente maquinado en un torno para darle forma, tanto la rectificación del diámetro como la de los acoples en sus dos extremos.

Seguidamente, se procede a la prueba de la cámara evaporativa mediante la aplicación de 60 psi suministrados con un compresor para comprobar la no existencia de poros, evitando así una futura fuga del gas refrigerante.

Finalmente se encamisó toda la cámara, dejando la cavidad donde es rellena con la mezcla de poliuretano expandido, que es el aislante térmico.

N°	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO APROX [MIN.]
3	Corte con tronzoadora	Corte de los cilindros internos, tubo comunicante de la cámara de enfriamiento al tanque y cilindro del sello.	30
4	Corte con torno	Corte circular de la tapa posterior que acopla el cilindro interior y el cilindro del sello, así como también las láminas circulares de la camisa de aislamiento.	20
10	Corte con guillotina	Realizados a la placa exterior de evaporador, láminas de la camisa de aislamiento y láminas del tanque del	20

CAPITULO V
Construcción del Equipo

		líquido.	
20	Soldadura TIG ¹⁹ .	Soldadura de la placa al tubo interior, la tapa posterior de la cámara del cilindro del sello, tapas del aislamiento, tanque, tubo comunicante y Bisagras.	240
1	Cilindrado con torno	Realizado al eje del sello.	15
2	Fresado	Preparación de los acoples en el eje del sello con la fresa.	10
3	Montura de ruedas	Ajuste de dos ruedas anteriores en los ejes, y una posterior en su placa base.	10

Tabla 5.1: Detalle de operaciones de construcción Fase I. (Fuente: J. Adarmes/S. Correia.)

Fase II. Dispensador y agitador: Para la construcción del dispensador, partiendo de una plancha, un cilindro macizo y otro hueco de acero inoxidable AISI 316, se procedió al corte según la medida exigida en los planos, la primera con un torno y los cilindros con una tronzadora. Luego se realizó un cilindrado al eje macizo y se rectificó el cilindro hueco, el cual fue agujerado lateralmente para empotrarle, por medio de soldadura, otro tubo de igual diámetro que sirve de conexión con la cámara de enfriamiento a través de la tapa de la cámara en el extremo inferior. La tapa de la cámara fue perforada con cuatro agujeros con el uso del taladro y posteriormente roscados para servir de unión con tornillos a la cámara evaporativa, en ella también se soldó un pequeño cilindro en el centro de la cara posterior de la tapa que sirve de acople al agitador. Se perforó un agujero en uno de los extremos del eje macizo por medio de un taladro para luego ser roscado con el torno, espacio en el cual se atornilla

¹⁹ Soldadura TIG: Tipo de unión de dos metales con o sin aporte de material en presencia de gas inerte, Argón.

CAPITULO V
Construcción del Equipo

una perilla para accionar el dispensador de helado, también se le hizo una ranura longitudinal con una fresa que sirve de guía y limitador del desplazamiento del cilindro, conjuntamente con un tornillo tope colocado en un agujero taladrado en el extremo superior del cilindro hueco.

En cuanto a la manufactura del agitador, se dispuso de cuatro pletinas que soldadas entre sí formaron un rectángulo, en cuyos lados de menor longitud y en el centro, se realizó una perforación de forma rectangular en un lado con la fresadora, y en el otro lado, uno circular con el taladro, para cumplir la función de acople al eje y a la tapa de la cámara. Luego se tomó una lámina y se cortaron dos arandelas, una se seccionó en un extremo y se colocó en una prensa para darle la forma helicoidal, la otra se cortó en dos mitades, estos tres elementos se soldaron en la parte interior y a lo largo del rectángulo para conformar las secciones que cumplen con la función de batido y de tornillo sinfín.

N°	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO APROX. [MIN.]
9	Corte con tronzadora	Corte de los cilindros macizo y hueco, plancha y las pletinas.	30
1	Corte y biselado con torno	Corte circular de la tapa anterior de la cámara y biselado, y las arandelas.	40
6	Taladrado	Taladrado a los cilindros huecos y macizo, la tapa circular de la cámara, y la pletina.	20
12	Soldadura TIG.	Soldadura de los cilindros huecos entre sí, y de la tapa circular.	30
1	Cilindrado con torno	Realizado al cilindro macizo. Rosca a la tapa circular en los agujeros, en el agujero superior del cilindro macizo, y	35

CAPITULO V
Construcción del Equipo

		en el extremo superior del cilindro hueco.	
2	Fresado	Realizado al cilindro macizo lateralmente , a la pletina	10
1	Prensado	Arandela para la hélice.	10

Tabla 5.2: Detalle de operaciones de construcción Fase II. (Fuente: J. Adarmes/S. Correia.)

Fase III. Estructura y Portabilidad: Para cumplir con los requerimientos de rigidez, bajo peso y aprovechamiento del espacio, la base del equipo es una estructura realizada con planchas y perfiles estructurales de acero, (ver anexo - perfiles de sección cuadrada, del catálogo de proveedores).

La unión entre las partes se realizó por medio de soldadura de arco eléctrico con protección de gas inerte (MIG) gas utilizado CO₂ . Se utilizó este proceso debido a su versatilidad y disponibilidad, además porque representa un ahorro en tiempo de construcción.

La preparación de juntas para las soldaduras consiste únicamente en una limpieza adecuada y una buena sujeción de la pieza a soldar para evitar deformaciones excesivas por dilatación térmica.

Las perforaciones deben realizarse antes del montaje de las partes. Todos los cantos que tengan ángulos de 90° ó resulten peligrosos deben redondearse sin afectar la función de la parte.

Para realizar el corte de las piezas y llevarlas a su medida se utilizó una tronadora y una guillotina.

En cuanto a la portabilidad, dos ruedas están sujetas a los ejes pasadores y retenidas mediante un tope tipo gancho y la tercera rueda dirección va sujeta a la armadura mediante tornillos a su placa base.

CAPITULO V
Construcción del Equipo

N°	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO APROX. [MIN.]
18	Corte con tronzadora	Corte de los perfiles de sección cuadrada.	30
2	Corte con guillotina	Realizados a las placas base.	10
12	Taladrado	De placas base y ejes de las ruedas.	30
40	Soldadura MIG ²⁰ .	Soldadura de los perfiles entre ellos, placa base y ejes de las ruedas.	120
3	Montura de ruedas	Ajuste de dos ruedas en los ejes y una en su placa base.	10

Tabla 5.3: Detalle de operaciones de construcción Fase III. (Fuente: J. Adarmes/S. Correia.)

Fase IV. Instalación de la Unidad Condensadora y Generador: Para la instalación de la unidad condensadora en el espacio diseñado dentro de la estructura, se utilizaron dos pernos en un solo extremo ya que el otro extremo es de difícil acceso y para fijarla, se agujereó la estructura con un taladro, se instalaron las tuberías de líquido y de succión con soldadura acetilénica, utilizando para ello varillas de plata al 5%.. Antes de conectar la línea de succión al compresor, se quitaron, en la medida de lo posible todos los residuos de soldadura de las tuberías utilizando una lima o lija, para luego realizar un barrido a la línea de baja y alta presión con nitrógeno seco. Se instaló el filtro secador, enroscándolo entre la tubería de líquido y el tubo capilar, asegurándose de que la flecha en la etiqueta apunte en la dirección del flujo. Posteriormente se procedió al llenado del sistema de refrigeración con refrigerante R12 de la siguiente forma:

²⁰ MIG: Tipo de unión de dos metales con aporte de material en presencia de CO₂.

CAPITULO V Construcción del Equipo

- Se presurizó el sistema de manera tal de buscar posibles fugas en las conexiones y soldaduras.
- Se despresurizó el sistema.
- Se realizó un vacío hasta una presión de 15 mmHg, por un período de 15 min.
- Se cargó el sistema con el gas refrigerante, chequeando las presiones y el amperaje del compresor.

En cuanto a la planta eléctrica, se dispuso de manera tal que no queda fija dentro de la estructura, esto se logra con dos perfiles tipo “L” soldados paralelamente en la parte inferior de la estructura y espaciados a una distancia igual al ancho de la estructura de la planta, lográndose de esta manera la función de riel, permitiendo a la planta ser extraída con bastante facilidad del sistema.

N°	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO APROX. [MIN.]
2	Corte con tronzadora	Perfiles	10
2	Taladrado	Perfiles de la estructura	10
2	Soldadura MIG	Unión de los perfiles a la estructura	20

Tabla 5.4: Detalle de operaciones de construcción Fase IV. (Fuente: J. Adarnes/S. Correia.)

Fase V. Cubierta Exterior: Gran parte de la superficie de la cubierta exterior está conformada por láminas de acero inoxidable AISI 316 soldadas así: En sus partes laterales, primero se disponen tres rejillas tipo ventana para la ventilación, construidas con pletinas dobladas y soldadas paralelamente, una en la parte lateral derecha y las otras dos ventanas en la parte lateral izquierda. Segundo, se construyeron dos cajetines con corte y soldadura de láminas, uno a cada lado para cumplir la función de resguardo del circuito de control y el otro como depósito, ambos provistos de puertas

CAPITULO V
Construcción del Equipo

sujetas. Para el circuito de control se utilizaron pernos, para lo cual se requiere de cuatro perforaciones realizadas con un taladro, y para el depósito, dos bisagras soldadas. Casi la totalidad de su extensión, en la parte delantera y posterior, está cubierta por láminas cortadas y soldadas a la estructura, en los laterales de la parte frontal se colocan dos asas fabricadas con tubos doblados en sus extremos con una dobladora y soldados a una pletina rectangular, cada uno con dos perforaciones con taladro para su fijación mediante tornillos. En la parte posterior, se dispone de una puerta en el extremo inferior unida a la cubierta por bisagras soldadas. Por último, la parte superior está cubierta, una mitad bordea la cámara con doblez realizado en las esquinas internas y la otra en forma de casco parabólico unido a la estructura por medio de 4 pernos.

N°	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO APROX [MIN.]
36	Corte con guillotina	Todas las láminas de la cubierta incluyendo las ventilas.	90
24	Dobladora	Doble de las ventilas y las láminas de la cubierta.	60
40	Soldadura	Láminas, asas y bisagras	180
20	Taladrado	Abertura de agujeros en las puertas y láminas	30

Tabla 5.5: Detalle de operaciones de construcción Fase V. (Fuente: J. Adarmes/S. Correia.)

Fase VI. Sistema de Control: consta del montaje de todos los componentes en la caja de control, para ello se colocaron los contactores seleccionados en un riel que a su vez está fijado con cuatro tornillos a la caja de control, luego se conectó el cableado según el esquema (ver figuras 4.1 y 4.2) y la narrativa planteada en el Capítulo IV: Sistema de Control, que gobierna la máquina. Así mismo, se perforaron

los agujeros en la tapa exterior de la caja de control para cada uno de los conmutadores y el termostato.

N°	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO APROX. [MIN.]
7	Taladrado	Abertura de los agujeros que sujetan el riel a la caja de control, montura del riel.	30
32	Conexión de cables	Pelar cables y conectar los dispositivos de control y potencia de todos los dispositivos de la máquina.	30

Tabla 5.6: Detalle de operaciones de construcción Fase VI. (Fuente: J. Adarnes/S. Correia.)

5.2 Materiales y Equipos Utilizados en la Construcción

5.2.1 Materiales

- Un tubo de sección cuadrada ASTM-A-366 de (40x40mm), longitud de 6000mm.
- Dos planchas de acero inoxidable AISI 316 (300x300x3mm).
- Tubo de acero inoxidable AISI 316, diámetro 4 in, espesor 3mm, longitud 350 mm.
- Tubo de acero inoxidable AISI 304, diámetro 1 in, espesor 3mm, longitud 250 mm.
- Barra de acero inoxidable AISI 304, diámetro 7/8 in, longitud 150 mm.
- Barra de acero inoxidable AISI 304, diámetro 1 1/4 in, longitud 60 mm.
- Dos Planchas de acero inoxidable 316 (1200x2400x2.5mm).
- Una plancha de acero (300x300x5mm).

- Cuatro tornillos grado 8 UNC tipo alem diámetro 5/16" y longitud 3/4".
- Doce tornillos tirafondo grado 8 UNC de cabeza hexagonal, diámetro 1/4" y longitud 1".
- Ocho tornillos grado 8 UNC de cabeza hexagonal, diámetro 1/4" y longitud 1/2", con tuerca y arandela a presión.
- Tubería de cobre diámetro 1/4 in, longitud 1 m
- Tubería de cobre diámetro 1/2 in, longitud 1m
- Dos barras de acero ASTM 1020 de diámetro 22.225mm y longitud 500mm.
- Dos arandelas diámetro interno 22.225mm, 2.5 mm de espesor.
- Cuatro bisagras de acero inoxidable AISI 316.
- Cable número 16, 2 metros.
- Cable número 14, recubierto, 5 metros.
- Dos pasadores de tope, tipo gancho.
- Dos enchufes 110V, 25 A.
- Gas refrigerante R12, Cantidad 6 Kg.
- Poliuretano expandido
- Cerradura Monopin simple de un pase.
- Pintura Martillada Gris.

5.2.2 Instrumentos

- Cinta métrica, Vernier y Escuadra de 90.°
- Manómetros, termómetros y tacómetro.

5.2.3 Máquinas y Herramientas

- Torno.
- Fresadora.

- Guillotina (Cizalladora)
- Dobladora.
- Cierra de cinta.
- Máquina de soldar MIG.
- Esmeril.
- Tronzadora.
- Calandradora.
- Cuchillas de acero rápido HSS
- Fresas bailarinas de diferentes diámetros.
- Brocas (mechas), diferentes diámetros.
- Machos de roscar, diferentes diámetros.
- Martillo, alicates, segueta, limas.
- Pistola de inyección de poliuretano expandido.
- Equipo presurizador de gas refrigerante.

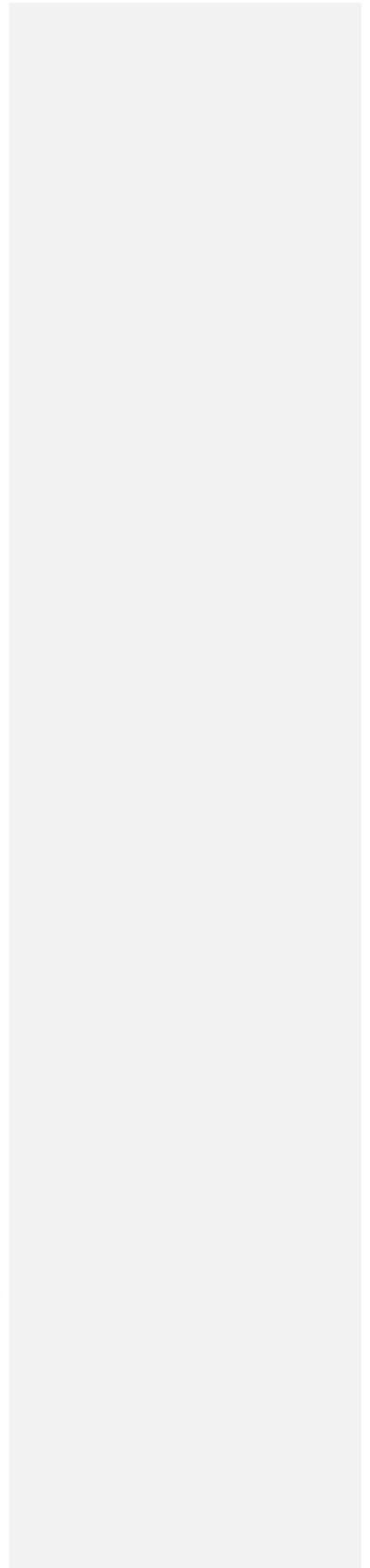
5.2.4 Equipos y Accesorios

- Planta eléctrica 3000 Vatios, dos tiempos, gasolina.
- Unidad condensadora 1/3 hp, media baja, R12.
- Motor eléctrico 50 vatios, monofásico, 1450rpm.
- Reductor de velocidad, relación 1:30, potencia de entrada ¼ hp.
- Filtro secador.
- Regulador de voltaje 110V, 25 A, 115 V..
- Dos contactores tripulares.
- Un térmico, 0,45- 0,65 A.
- Temporizador.
- Conmutador de dos pases monopolar, 25 A, 115 V.

CAPITULO V
Construcción del Equipo

- Conmutador de dos pases bipolar, 25 A, 115 V.
- 2 Ruedas con tripa, 25cm de diámetro, carga 150 Kg, 30 psi.
- 1 Rueda de direccionamiento maciza, carga 150 kg.

CAPITULO VI
ESTUDIO ECONÓMICO



6.1 Costos de los Elementos de Máquina, Manufactura y Ensamblaje.

En el estudio económico, se consideraron tres renglones principales:

- 1 Costo de los materiales
- 2 Costos de equipos y accesorios
- 3 Costos de manufactura.

Para los costos en los dos primeros renglones, se realizó un sondeo de precios en el mercado venezolano en las diversas casas de proveedores de materiales y equipos, pudiendo así, determinar la adquisición de cada material al mejor precio. En el caso de la construcción, la evaluación del costo es diferente, ya que obtuvimos la colaboración de talleres como: el de la Escuela de Mecánica y Química de la Facultad de Ingeniería de la UCV, y taller DUINCA c.a. ubicado en el Edo. Aragua, por lo que fue necesario estimar el costo de manufactura por el tipo de proceso de operación y su tiempo aproximado de fabricación especificado en el Capítulo V: Construcción del equipo.

El costo final de construcción es la suma de los costos de los tres renglones. Cabe destacar que no tomamos en cuenta las horas hombre de diseño de la máquina.

A continuación se detallan los costos de los materiales y equipos en la Tabla 6.1; los costos de manufactura e instalación en la Tabla 6.2, que incluyen I.V.A al 16% y transporte en base a 1200 Bs/Dolar:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	COSTO (BS)
2	Tubo de sección cuadrada ASTM-A-366 de (40x40mm), longitud de 6000mm.	FERRUM C.A.	16000

CAPITULO VI
Estudio Económico

2	Plancha de aluminio 366 (300x300x3mm).	Epa C.A.	150000
2	Planchas de acero inoxidable AISI 316 (300x300x3mm).	S.A.E.S.A	180000
1	Tubo de acero inoxidable AISI 316, diámetro 4 in, espesor 3mm, longitud 350 mm.	S.A.E.S.A	9900
1	Tubo de acero inoxidable AISI 304, diámetro 1 in, espesor 3mm, longitud 250 mm.	S.A.E.S.A	2200
1	Barra de acero inoxidable AISI 304, diámetro 7/8 in, longitud 150 mm.	S.A.E.S.A	3800
1	Barra de acero inoxidable AISI 304, diámetro 1 1/4 in, longitud 60 mm	S.A.E.S.A	1500
2	Planchas de acero inoxidable 316 (1200x2400x2.5mm).	FERUM C.A.	18000
1	Plancha de acero AISI 1020 (300x300x5mm).	Ferrum C.A.	1500
4	Tornillos grado 8 UNC tipo alem diámetro 5/16"y longitud 3/4".acero inoxidable	Ferretería La Unica C.A.	4000
16	Tornillos tirafondo grado 8 UNC de cabeza hexagonal, diámetro 1/4" y longitud 1".	Ferretería La Unica C.A.	8000
8	Tornillos grado 8 UNC de cabeza hexagonal, diámetro 1/4" y longitud 1/2", con tuerca y arandela a presión.	Ferretería La Unica C.A.	4000

CAPITULO VI
Estudio Económico

2	Barras de acero ASTM 1020 de diámetro 22.225mm y longitud 500mm.	Ferrum C.A.	2000
2	Arandelas diámetro interno 22.225mm, 2.5 mm de espesor.	Ferretería La Unica C.A.	1000
4	Bisagras de acero inoxidable AISI 316.	Ferretería La Unica C.A.	4000
2	Cable número 16, metro.	Electrotécnicos Unidos C.A.	1800
5	Cable número 14, recubierto, metro.	Electrotécnicos Unidos C.A.	5000
2	Pasadores de tope, tipo gancho.	Ferretería La Unica C.A.	1000
2	Enchufes 110V, 25 A.	Electrotécnicos Unidos C.A.	3800
2	Cerradura Monopin simple de un pase.		6000
6	Gas refrigerante R12, Kg.	Refrigeración América C.A.	54000
1	Tubería de cobre diámetro ¼ in, metro	Refrigeración América C.A.	1600
1	Tubería de cobre diámetro ½ in, metro	Refrigeración América C.A.	1800
1	Pintura martillada gris, 1/4 L.	Ferretería La Unica C.A.	2800
Equipos y Accesorios			
1	Planta eléctrica 3000 Vatios, dos	EPA C.A.	876000

CAPITULO VI
Estudio Económico

	tiempos, gasolina.		
1	Unidad condensadora 1/3 hp, media baja, R12.	Uniclíma C.A	310000
1	Motor eléctrico 50 vatios, monofásico, 1450rpm.	Refrigeración América C.A	56000
1	Reductor de velocidad, relación 1:30, potencia de entrada ¼ hp.	Rodamientos Rovi C.A.	98900
1	Filtro secador.	Refrigeración América C.A	9900
1	Regulador de voltaje 110V, para equipo de refrigeración.	Refrigeración América C.A	25000
2	Contactores tripulares.	Electrotécnicos Unidos C.A.	64000
1	Térmico, 0,45- 0,65 A.	Electrotécnicos Unidos C.A.	60000
2	Ruedas con tripa, diámetro 25cm, 150 kg	Ruedas Industriales Aragua C.A.	22000
1	Rueda de direccionamiento maciza, diámetro 16 cm	Ruedas Industriales Aragua C.A.	24000
TOTAL			1.863.300

Tabla 6.1 Costos de Materiales, Equipos y Accesorios

CAPITULO VI
Estudio Económico

Operación	Tiempo de Operación aprox min.	Costo por Unidad de Tiempo (Bs/min)	Costo (Bs)
Trabajos de corte y doblado	330	166,67	55000
Soldadura de todos los componentes	590	500,00	295000
Trabajos en torno	120	416,67	50000
Trabajos en fresadora y taladro	150	416,67	62500
Ensamblaje del panel de control	30		50000
Instalación de la unidad condensadora	180		60000
Ensamblaje de motor y reductor	120		10000
Montura de ruedas	20		1500
Acabado y ensamblaje en general	220		80000
TOTAL	1540		664.000,00

Tabla 6.2: Costos de Manufactura y Ensamblaje (fuente de salario ocupacional, Cámara de Construcción del estado Aragua, ver anexo S).

REGLÓN	COSTO (BS)
Materiales	317.500
Equipos y accesorios	1.545.800
Manufactura y ensamblaje	664.000
TOTAL	2.527.300,00

Tabla 6.3: Costo Final

6.2 Recuperación de Capital

Usando el programa de Microsoft Excel versión Xp, se elaboró la tabla 6.4, tomando las siguientes consideraciones:

- La recuperación de capital se tomó como referencia al inversionista o futuro comprador de la máquina.
- El dólar recalculado a 1600 Bs/Dólar.
- El producto base es ²¹“ESKIMO” y tomamos el rendimiento de la receta que sugiere el fabricante de dicha marca.
- En el costo de producción del helado se consideró los ingredientes para su preparación, consumo de combustible, mantenimiento, sueldo del operador y 16 % de I.V.A.
- Calculamos la utilidad mensual para 50%, 60% y 75% de ventas mensuales.
- La inversión inicial incluye el costo de la máquina de venta al público, el salario mínimo para el operador, el costo de mantenimiento mensual y el total de producto requerido para un mes asumiendo 100% de ventas.
- El salario mínimo se uso como base la cantidad de 180000 Bs mensuales más dos meses de utilidades agregados una doceava parte por cada mes.
- El costo de la máquina es calculado incluyendo el costo refabricación, porcentajes 1% de patente y 1.5% registro de fabrica, 16% impuesto de valor agregado y utilidad del fabricante a un 30%.

²¹ Producto Distribuido por Puratos de Venezuela, S.A., ver anexo B.

CAPITULO VI
Estudio Económico

Material para 10 días de trabajo	Costo (Bs)	Costo al día (Bs)
Empaque de 12 Kg de producto base	64000	6400
Leche en polvo 6 Kg	30000	3000
Azúcar 36 kg	33000	3300
Conos de galleta 2664	60000	6000
Agua 180 litros	22500	2250
Demanda diaria de helados 22,5 L		
Gastos de la Planta		
gasolina 10 litros al día	1100	1100
aceite 4 litros al mes	8000	400,00
detergente 4 kg al mes	16000	800,00
Salario del Trabajador		
Sueldo mínimo al mes incluye utilidad anual	210000	10500,00
Mantenimiento de la planta		
Cambio de bujía 6 meses	3000	25,00
Cambio de escobillas 1 año	16000	66,67
Mantenimiento general mensual	20000	1000,00
Total de gastos al día		34841,67
Costo de producción de cada helado		121,37
Trabajando 20 días de 8 horas al mes	Gastos fijos al mes	696833,33
Costo de la patente		800000
Costo del registro y permisos		1200000
Costos inicial de fabricación de la máquina recalculada a dólar 1600 Bs	Costos a 1200 Bs/ Dólar= 2527300	3369733,33
1 % por costo de la patente		8000,00
1.5 % por registro de fábrica		18000,00

La utilidad de la máquina se asume del 30%		1010920,00
Subtotal de venta de la máquina		4406653,33
16% I.V.A		70506,45
Total venta al público de la máquina		4477159,79
Inversión inicial		5173993,12

Tabla 6.4: Cuadro de cálculo de recuperación de capital para el inversionista.

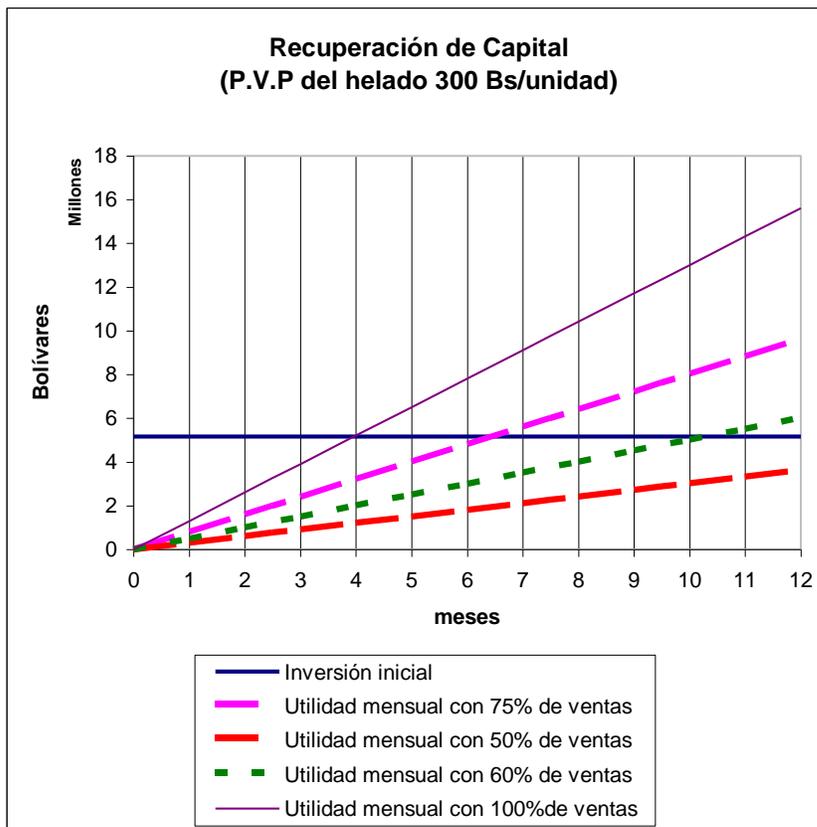


Figura 6.1: Gráfico de tiempo de retorno de capital para el inversionista con P.V.P del helado de 300 Bs por unidad.

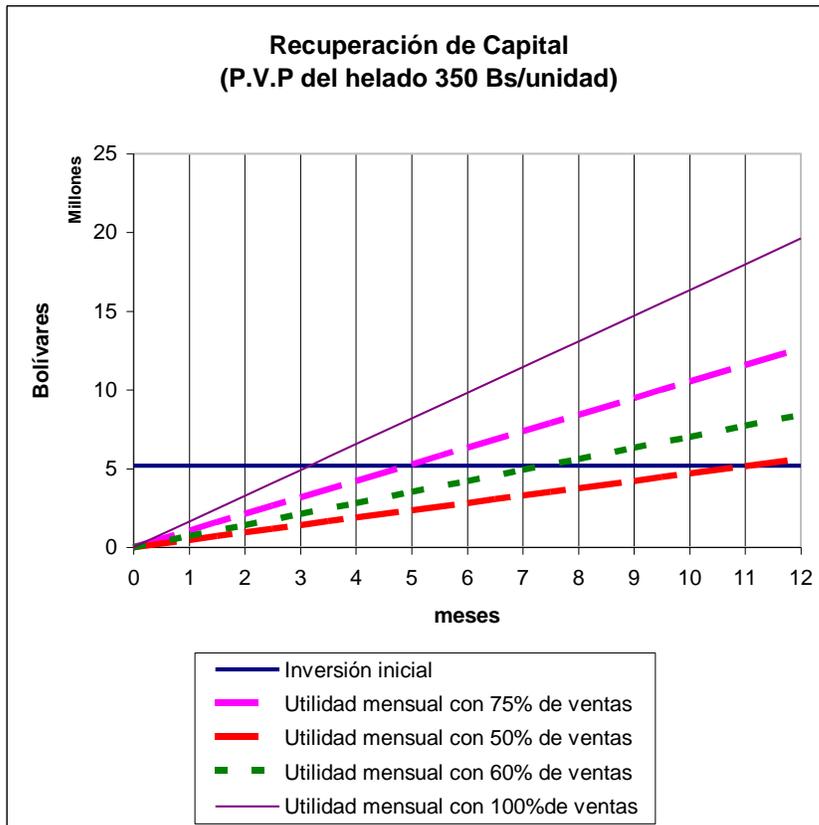


Figura 6.2: Gráfico de tiempo de retorno de capital para el inversionista con P.V.P del helado de 350 Bs por unidad.

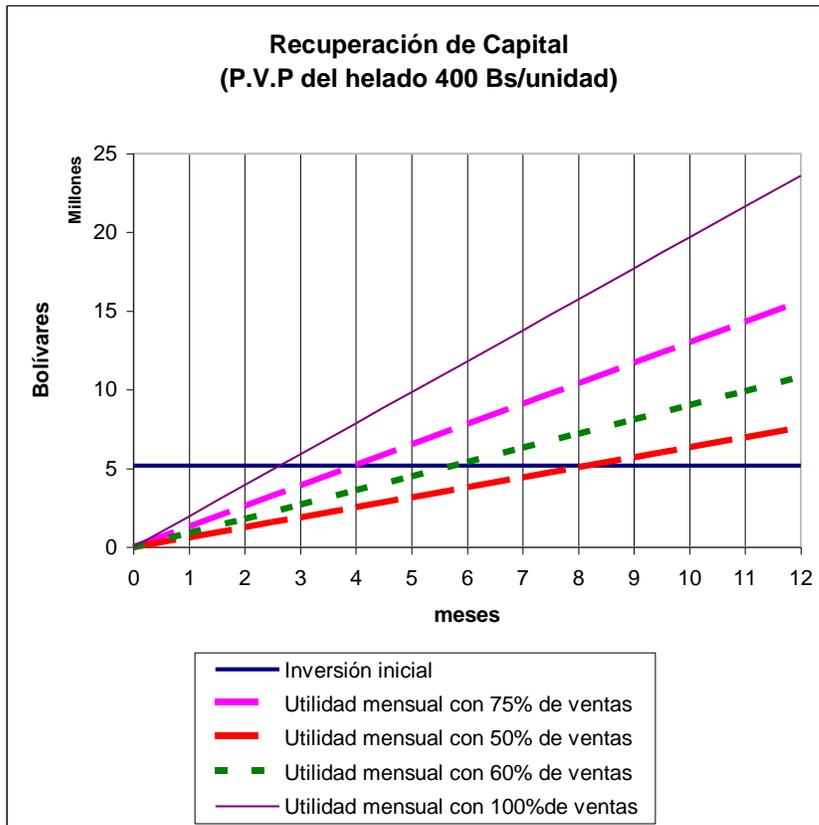


Figura 6.3: Gráfico de tiempo de retorno de capital para el inversionista con P.V.P del helado de 400 Bs por unidad.

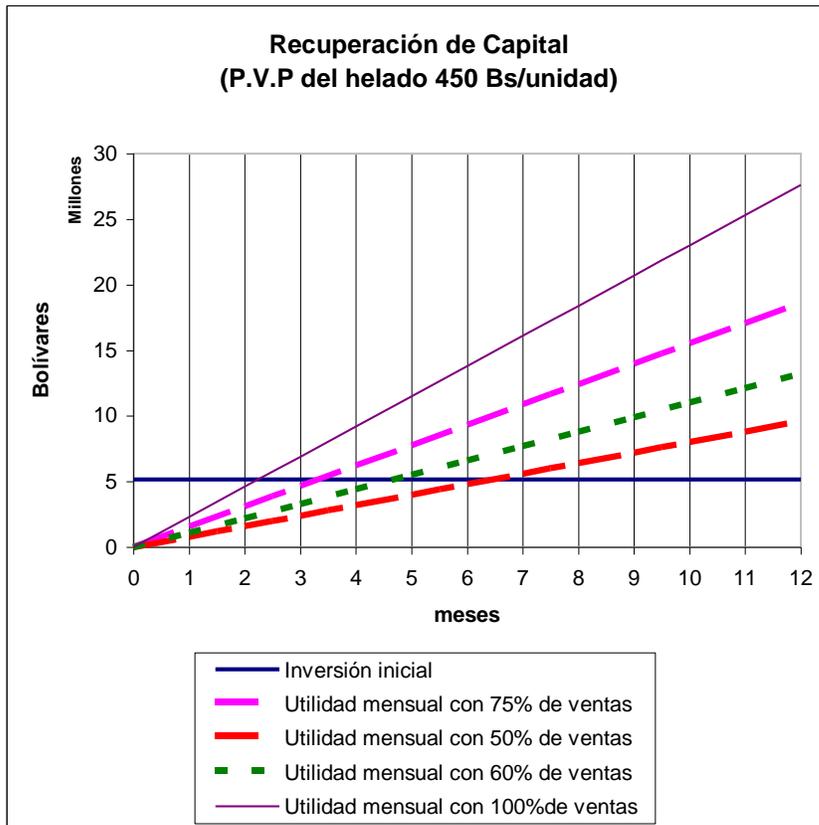
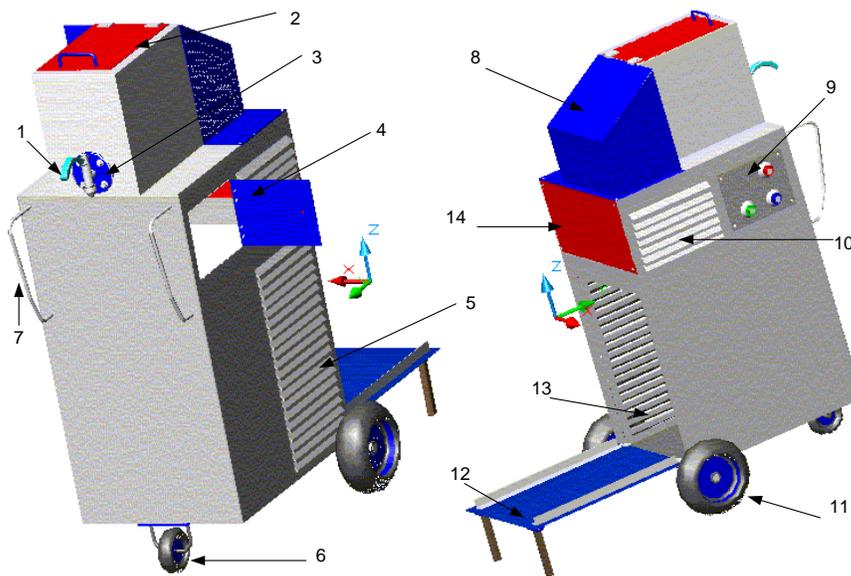


Figura 6.4: Gráfico de tiempo de retorno de capital para el inversionista con P.V.P del helado de 450 Bs por unidad.

CAPITULO VII
INSTRUCCIONES
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

7.1 Ubicación de los componentes de la máquina



1. Dispensador, 2. Tanque del líquido, 3. Cámara de enfriamiento, 4. Cajetín de depósito, 5. Ventilación para la planta eléctrica, 6. Rueda de direccionamiento, 7. Asidero, 8. Cubierta del moto-reductor, 9. Panel de control, 10. Ventilación de la unidad condensadora, 11. Ruedas laterales, 12. Compuerta de acceso a la planta eléctrica, 13. Espacio de la planta eléctrica, 14. Compuerta de acceso a la unidad condensadora.

7.2 Consejos Útiles Generales

- Antes de comenzar a usar la máquina, se recomienda, ante todo leer detenidamente el manual de operación de la misma y segundo, hacer un chequeo general en cuanto a limpieza e higiene de la máquina, combustible, aceite de la planta generadora y enseres del producto.
- Colocar siempre la máquina de manera que las rendijas de ventilación disten por lo menos a 50 cm de cualquier obstáculo.
- Si la máquina va a operar en el interior de un edificio, asegurarse que la selección de suministro de potencia sea el servicio eléctrico nacional.
- Si la máquina va a operar al aire libre, asegurarse operar bajo la sombra para mejorar la eficiencia.
- No llenar el tanque de gasolina totalmente para así evitar derrames de la misma, se aconseja llenarlo al nivel de ¼ de pulgada por debajo del borde superior del tanque. Debe usarse gasolina para automóviles sin plomo.
- Cuando se va a cargar la máquina por primera vez, se debe preenfriar la mezcla del líquido del helado por lo menos a 5C para mejorar la eficiencia del ciclo refrigerativo.
- Asegúrese siempre de apagar la máquina antes de cargar de combustible la planta eléctrica, o para cualquier tipo de mantenimiento, montaje, desmontaje o limpieza.
- No inclinar la máquina a un ángulo superior de 45°, ya que ello podría ocasionar daños al compresor.
- No poner en marcha la planta eléctrica en lugares no ventilados y cerrados, es preferible conectarla al servicio eléctrico, para evitar el ruido y escapes de gases esencialmente.
- La unidad no debe operarse ni almacenarse en condiciones húmedas o mojadas.

- La unidad debe ser guardada limpia en un lugar ventilado y con el tanque del combustible vacío

7.3 Puesta en Marcha

7.3.1 Sistema de Refrigeración

1. Introducir la mezcla del helado en el interior del tanque depósito preenfriada a 5 °C, previamente constatada la higiene del equipo.
2. Seleccionar el modo de suministro de potencia.
3. En caso de seleccionar el suministro eléctrico nacional, enchufar la extensión y pasar al paso 5.
4. Encender la planta eléctrica (ver 7.3.2 Puesta en Marcha del Generador)
5. Seleccionar el modo de conservación y ajustar el termostato a 5 °C por un lapso de 20 a 25 minutos.
6. Luego de transcurridos entre 20 a 25 minutos, seleccionar el modo de distribución y ajustar el termostato a -5 °C.
7. Esperar de 25 a 30 minutos antes de comenzar a dispensar. Se recomienda revisar la consistencia del helado pasados 15 minutos.

7.3.2 Generador

Arranque del motor:

- 1.-Compruebe el nivel de aceite y combustible
- 2.-Desconecte todas las cargas eléctricas de la unidad
- 3.-Fije el conmutador de funcionamiento/detención (on/run) del motor la posición.
- 4.-Tire de la soga de arranque de manera pareja y rápida

7.4 Montaje y Desmontaje de las Piezas en Contacto con el Helado

1. Proceder a vaciar el tanque receptor de líquido y la cámara de enfriamiento.
2. Desenroscar los cuatro tornillos en la tapa frontal del dispensador. Retirar la tapa frontal.
3. Extraer el agitador.
4. Una vez hecha la limpieza, introducir el mezclador en la cámara de enfriamiento acoplándolo con el eje del sello.
5. Acoplar la tapa frontal con el agitador
6. Roscar los cuatro tornillos de la tapa, vigilando que quede bien ajustada.

7.5 Limpieza

1. Verificar que la máquina esté apagada y desconectada.
2. Asegurarse que no quede líquido de helado en el interior de la cámara de enfriamiento.
3. Desmontar el dispensador y el agitador, como se indica en el punto 7.4 .
4. Lavar con una solución de agua tibia y jabón todas las piezas móviles, interior de la cámara de enfriamiento y tanque, en fin, todas las partes en contacto con el líquido del helado, luego enjuagar con abundante agua tibia.
5. Secar y montar nuevamente como se explica en el punto 7.4.

Nota: Las grasas contenidas en el helado son campos ideales para la proliferación de moho, bacterias, etc. Para eliminarlos es necesario lavar con mayor cuidado las piezas en contacto con la mezcla, como se ha indicado previamente.

Los materiales inoxidables empleados para en la construcción de dichas partes y su forma particular facilitan la limpieza pero no impiden la formación de moho, etc., en caso de limpieza insuficiente.

7.6 Programa de Mantenimiento

El plan de mantenimiento debe sugerir la frecuencia con que debe realizarse una actividad que corrija o prevenga las fallas posibles, para garantizar el buen estado de operación en el equipo. Seguidamente se detalla en tabla 7.1, la programación de mantenimiento.

EQUIPO	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
Panel de control	Preventivo	Limpieza de componentes.	Semestral
Unidad condensadora	Preventivo	Limpieza de componentes, revisión del filtro secador.	Semestral
Cámara de enfriamiento, dispensador, tanque de líquido y exterior.	Preventivo	Limpieza de componentes.	Cada vez que la temperatura del helado sea superior a 5 °C por mas de 30 minutos, cuando se le cambie el sabor del helado.
Planta eléctrica (Generador)	Preventivo, correctivo	Revisión de las escobillas, que no estén resquebrajadas, reemplazar cuando alcancen un espesor de ¼ de pulgada	Anual
Planta eléctrica (motor)	Correctivo	Revisión de nivel de aceite, gasolina	Diario
Planta eléctrica (motor)	Preventivo, correctivo	Revisión de bujía y limpieza general	Semestral

Tabla 7.1: Cuadro de Programación de Mantenimiento

7.7 Especificaciones de la Máquina

NOMBRE DE LA MÁQUINA	MÁQUINA PORTÁTIL PARA FABRICAR HELADOS.
Modelo	MPH001- EIM-UCV
Capacidad diaria	22,5 Litros (333 helados de 75 gramos/unidad)
Capacidad de la cámara de enfriamiento	3 Litros
Capacidad del tanque recibidor	8 Litros
Número de dispensadores	Uno
Potencia de entrada de operación	720 W.
Tipo de corriente	Corriente alterna
Voltaje	Monofásico, 115 V
Peso	156 Kg
Dimensiones	145x65x55 cm

Tabla 7.2: Cuadro de especificaciones de la máquina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El equipo fue diseñado y construido cumpliendo con los requerimientos y restricciones.
2. El equipo construido se obtuvo al menor costo posible con el fin de ser atractivo comercialmente, cumpliendo con los requerimientos de portabilidad, ergonomía, versatilidad y teniendo en consideración la disponibilidad de los materiales y equipos en el mercado nacional.
3. Se logró disminuir el peso y dimensiones del equipo con respecto a la máquina portátil existente en el país. Además, la máquina diseñada puede ser alimentada con corriente eléctrica, tanto del servicio monofásico nacional como el suministrado por el generador incorporado, permitiendo así el funcionamiento de la misma tanto en lugares cerrados como en espacios abiertos, dándole la particularidad de versatilidad. Cabe destacar que esta función no había sido prevista dentro de los objetivos planteados, sin embargo la matriz morfológica arrojó esta solución, la cual aceptamos porque agrega una mejora innovadora en este tipo de máquinas.
4. La posibilidad de adquirir conjuntos de equipos preensamblados, como la unidad condensadora, permite una notable economía, no sólo monetaria, sino también en el tiempo para diseñar, seleccionar, adquirir y ensamblar, sin restar méritos al diseño elaborado.
5. La utilización en el sistema de transmisión de potencia de energía eléctrica permitió la incorporación del sistema de control, lo cual proporciona a la máquina versatilidad y facilidad de operación.

Recomendaciones

1. En el mercado venezolano, aún el gas R12 reina como el refrigerante más utilizado comercialmente, razón por la cual se seleccionó; sin embargo no podemos dejar de recomendar que, en futuro cercano, se sustituya por el refrigerante R134a por razones ecológicas, para cual sería menester sustituir la unidad condensadora de R12 por una compatible con el refrigerante R134a.
2. La cámara de enfriamiento puede ser diseñada para dos o más sabores, redimensionando la cámara en igual número e interconectándolas a través de distribuidores. Esto brindaría al exigente usuario exigente una variedad de sabores de helados.
3. En cuanto a la comercialización de la máquina, existe la posibilidad de adquirirla sin el generador eléctrico en cuyo caso, la máquina se limitaría a la condición del servicio eléctrico monofásico nacional y, por ende disminuiría notablemente su costo.
4. El desarrollo de una tarjeta electrónica o el uso de un PLC permitiría una mayor versatilidad al operador en cuanto a la facilidad de manejo y control de la máquina.
5. Es bien conocido que la producción en serie disminuye los costos de fabricación, por ello recomendamos realizar un estudio de factibilidad económica de los materiales y equipos, ya que resultaría atractivo para el mercado el bajo costo de esta máquina.
6. Se propone un estudio del rediseño enfocado en un sistema más compacto y de menor peso, lo cual disminuiría el peso y dimensiones, como por ejemplo,

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

la sustitución de la cubierta exterior por materiales livianos como fibra de vidrio o plástico.

7. El estudio de la utilización de energías alternativas ecológicas como lo es la luz solar permitiría definitivamente su portabilidad en países tropicales donde puede ser muy bien aprovechado.
8. Recomendamos ampliamente a todo aquel motivado a diseñar, la construcción de al menos un prototipo de su diseño, esto brinda además de la seguridad de funcionamiento y de la experiencia, la satisfacción de hacer realidad un diseño factible que cumpla con las necesidades propuestas.
9. La construcción de la piezas diseñadas en todas las tesis, deben realizarse en los talleres de la facultad de Ingeniería, por ende es necesario repotenciar todo el taller en cuanto a nuevos equipos, materiales, herramientas y principalmente organización y disposición del recurso humano.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- ASRHAE, 1995, Handbook, Inch-pound Edition, Atlanta.
- CARRIE, 1976, Handbook, of air conditioning system design, Ediciones Marcombo S.A., Barcelona.
- CASILLAS, A., 1976, “Máquinas, cálculos de taller”, Edición Hispanoamericana, Madrid España.
- BLACK, S., 1999, “Principios de Ingeniería de Manufactura”, CECSA, México.
- BROWN, F., 1985, “Principios de redacción”, ABCD, Caracas.(Venezuela)
- BRUCE,G., 1996, “Diseño básico de Estructuras de Acero”, México, Prentice Hall.
- Diccionario Enciclopédico Salvat, 1985, Salvat Editores S.A., Barcelona. (España)
- DOSAT, R., 1980, “Principios de Refrigeración”, Editorial Continental.
- ECO, U., 1982, “Cómo se hace una tesis”, Gedisa, Buenos Aires.
- ERNEST, H., 1972, “Aparatos de elevación y transporte”, Editorial Blume , España, Volumen I.
- GENTA,G., 1995, “Vibration of Structures and Machines”, Springer-Verlag.
- GROOVER, M.,1997, “Fundamentos de Manufactura Moderna”, México, Prentice-Hall.
- HEEPKE W., HERRE O., “La escuela del técnico mecánico-Tomo V: Máquinas elevadoras/ La máquina de vapor”, Editorial Labor S:A,. 1943 Barcelona – Madrid.
- IGNOTTO, V., 2000, “Soldadura para Ingenieros”. UCV, CV, Facultad de Ingeniería , Esc. Metalurgia y Ciencia de los materiales.
- JUVINALL,R.1991, “Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica”,Ed. Limusa, México.
- KIBBER, R.,1985, “Manual de Máquinas Herramientas”, Limusa, México.
- MABIE,H.,1999, “Mecanismos y Dinámica de Maquinaria”, Editorial Limusa, México.
- MARTINEZ, A., 1985, “Criterios fundamentales para resolver problemas de Resistencia de Materiales”, Ediciones Equinoccio, Caracas.(Venezuela)
- MENDEZ, A., 1997, ”Balanceo Dinámico de Máquinas Rotativas”,U.C.V. Facultad de Ingeniería, Caracas.(Venezuela).

BIBLIOGRAFÍA

- MILANI M., Rodolfo, “Diseño Para Nuestra Realidad”, Equinoccio, Editorial de la Universidad Simón Bolívar.
- MOTT, R., 1992, “Diseño de Elementos de Máquinas”, México, Ed. Prentice Hall.
- PITA, E., 1998, “Principios y Sistemas de Refrigeración”, Editorial Limusa, México
- RED, G., 1976, “Refrigeración Manual Práctico”, Editorial Acribia, Zaragoza España
- PLANK, R, “El Empleo del Frío en la Industria de Alimentos”
- SANDVICK COROMAT, 1994, “El Mecanizado Moderno”, Tofters Tryckeri, Suecia.
- SHIGLEY, J. y Mischke C., 1990, “Diseño en Ingeniería Mecánica” McGraw Hill, México.
- TARGHETTA, A., 1970, “Transporte y Almacenamiento de Materias Primas en la Industria Básica”, Tomo I y II, Editorial Blume, España.
- TIMOSHENKO, S., 1986, “Mecánica de Materiales”, 2da Ed., Editorial Iberoamericana, México.
- UPEL, 1998, “Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales”, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado, FEDUPEL. Caracas.

Consultas en World Wide Web:

- <http://www.top-flo.com/tabla.com>
- <http://www.foodsci.uoguelph.ca>
- <http://www.terra.es/personas>
- <http://www.ladw.com/power>
- <http://www.pelp.cl/cotizaciones>
- <http://www.servorecambios.com/sellos>
- <http://www.uca.edu.sv/facultad/ing>
- <http://www.u.v.g.edu.gt/rgarcia/refrig.htm>
- <http://www.mundoheledo.com>

BIBLIOGRAFÍA

http://www.cec.uchile.cl/roroman/cap_10/mot-gen.htm

<http://www.mundohelado.com/maquinas/frisher-mini-planta.-htm>

<http://www.tii-tech.com/spanish/mb300.html>

<http://scsx01.sc.ehu.es/nmwmigaj/maqfrigorifica.htm>

ANEXOS

