



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
AUTOMÁTICA DE HELADOS DE PAILA PARA LA HELADERÍA
LOS PINOS”**

AUTORES:

ANGELO DAMIAN CARVAJAL IBARRA

FREDDY VLADIMIR LIZANO ORTIZ

DIRECTOR:

ING. FREDDY SALAZAR

LATACUNGA

2016



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “***DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE HELADOS DE PAILA PARA LA HELADERÍA LOS PINOS***”, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlos y autorizarlos a los señores ***ANGELO DAMIAN CARVAJAL IBARRA*** y ***FREDDY VLADIMIR LIZANO ORTIZ*** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 2 de marzo del 2016



FREDDY WILLIAM SALAZAR PAREDES
DIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA


DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ANGELO DAMIAN CARVAJAL IBARRA**, con cédula de identidad N° 1500710262, y **FREDDY VLADIMIR LIZANO ORTIZ**, con cédula de identidad N° 1804218236, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE HELADOS DE PAILA PARA LA HELADERÍA LOS PINOS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 2 de marzo del 2016


ANGELO D. CARVAJAL IBARRA
C.C.: 1500710262


FREDDY VLADIMIR LIZANO ORTIZ
C.C.: 1804218236



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ANGELO DAMIAN CARVAJAL IBARRA** y **FREDDY VLADIMIR LIZANO ORTIZ**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE HELADOS DE PAILA PARA LA HELADERÍA LOS PINOS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 2 de marzo del 2016

Firma manuscrita en tinta azul de Angelo D. Carvajal Ibarra.

ANGELO D. CARVAJAL IBARRA

C.C.: 1500710262

Firma manuscrita en tinta azul de Freddy Vladimir Lizano Ortiz.

FREDDY VLADIMIR LIZANO ORTIZ

C.C.: 1804218236

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo cariño a mis padres Angel Carvajal y Carmen Ibarra, ya que siempre con sus consejos y fuerzas lograron formar en mí una persona sencilla y hoy un profesional de bien que lograre dar lo mejor de mis conocimientos y ser un ejemplo para que todos seamos profesionales y seguir teniendo la familia orgullosa. A mis hermanas y especialmente a mi hijo que desde el inicio de mis días confiaron plenamente en mí, que los quiero mucho gracias por siempre estar pendiente de nuestra familia, que con su apoyo logre culminar una etapa más en mi vida, y también a mi nueva familia que estuvieron también pendiente de nuestro éxito gracias y siempre estaré para ayudarles en lo que deseen.

ANGELO CARVAJAL

Con todo mi cariño este trabajo lo dedico a mis queridos padres Edgar Lizano y Grace Ortiz y mi hermana Giovanna Lizano que siempre confiaron en mí a pesar de muchos tropiezos y caídas que tuve a lo largo de mi vida, porque ellos siempre me siguieron y me siguen apoyando incondicionalmente y que con su dedicación, esfuerzo y sacrificio juntos pudimos hacer realidad este sueño.

Te dedico a ti mi amada esposa Janey Chérrez que fuiste, eres y serás el motor y motivo principal de continuar cumpliendo mis metas por creer en mí, por darme todo su apoyo en todo momento y esperar que culmine mi estudios superiores con éxito.

Te dedico a ti también hijo querido que con tu llegada a nuestras vidas ha sido un motivo más para seguir adelante, por todo el cariño que día a día nos das.

FREDDY LIZANO

AGRADECIMIENTO

A mi familia que supieron depositar toda la confianza y esfuerzo, para llegar a culminar una meta más en mi vida, que estuvieron siempre cuando los necesite para ayudarme por todo ello gracias y este escalón es un paso más como profesional.

A los ingenieros quienes con sus conocimientos y colaboraciones pudimos culminar con éxito nuestra tesis, al Ing. Freddy Salazar, Ing. Washington Freire; gracias por soportarnos tanto tiempo y hacer de mi persona un profesional responsable.

ANGELO CARVAJAL

Gracias a Dios por darme la vida para poder seguir alcanzando todas mis metas propuestas, a toda mi familia por su apoyo incondicional en todo momento y a todas las personas que de una u otra manera han estado en este tiempo de estudio, a todos los ingenieros que aportaron con sus conocimientos para culminar con este proyecto.

FREDDY LIZANO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xix

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación e importancia	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivo específico	3
1.5. Metas	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Reseña histórica	5
2.1.1. Helados en Ecuador.....	6
2.1.2. Historia de los helados de paila.....	6
2.2. Proceso general de fabricación de helados	6
2.2.1. Recepción y almacenamiento de las materias primas	7
2.2.2. Homogeneización	7

2.2.3.	Batido y Congelado	8
2.2.4.	Envasado y moldeado.....	9
2.2.5.	Endurecimiento y conservación del helado	9
2.3.	Textura óptima del helado.....	11
2.3.1.	La composición del mix	11
2.3.2.	El método de elaboración.....	12
2.3.3.	Los ingredientes usados	12
2.3.4.	La congelación, rapidez de endurecimiento y manipulación	12
2.3.5.	Las condiciones de almacenamiento.....	13
2.4.	Defectos típicos en la textura	13
2.4.1.	Áspero	13
2.4.2.	Arenoso.....	13
2.4.3.	Esponjoso	13
2.4.4.	Gomoso	14
2.4.5.	Blando.....	14
2.5.	Mezclas bases para helados	14
2.6.	Composición, valor calórico y valor nutritivo del helado.....	16
2.6.1.	Composición	16
2.6.2.	Valor calórico y nutritivo	16
2.7.	Refrigeración y transferencia de calor	17
2.7.1.	Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	17
2.7.2.	Procesos del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.....	18
2.7.3.	Componentes de un sistema de refrigeración por compresión de vapor.....	19
a.	Unidad condensadora	19
b.	Dispositivos de control del flujo del refrigerante	22
c.	Carga de refrigeración.....	24
2.8.	Transferencia de calor.....	25
2.8.1.	Conducción	25
2.8.2.	Convección	25
2.9.	Refrigerantes	26

2.9.1.	Por grupos de seguridad.....	26
2.9.2.	En función de la composición.....	26
a.	Refrigerantes CFC.....	26
b.	Refrigerantes HCFC.....	27
c.	Refrigerantes HFC.....	27
2.9.3.	De acuerdo al número de identificación.....	27
a.	Refrigerante R 134a.....	28
b.	Refrigerante R 404A.....	29
c.	Refrigerante R 507.....	29
2.10.	Agitador mecánico.....	30
2.10.1.	Agitadores de flujo axial.....	30
a.	Agitadores de hélice.....	30
b.	Agitadores de paletas.....	31
c.	Agitadores de turbina.....	32
2.10.2.	Agitadores de flujo radial.....	32
2.10.3.	Patrones de flujo.....	32
a.	Desplazamiento del eje.....	33
b.	Instalación de deflectores.....	33
2.11.	Micro controladores.....	33
2.12.	Arduino.....	35
2.12.1.	Estructura básica.....	35
2.13.	Programas android.....	36
2.13.1.	Ventajas de Android Studio.....	36
2.13.2.	Desventajas de Android Studio.....	37

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA.....	38
3.1.	Parámetros de diseño.....	38
3.2.	Dimensionamiento de la cámara de enfriamiento.....	39
3.3.	Diseño térmico de la máquina de helados.....	40
3.4.	Diseño mecánico de la máquina.....	42
3.4.1.	Diseño de la estructura soporte.....	44

3.5.	Diagrama del sistema eléctrico de potencia	45
3.6.	Diseño del software.....	45
3.6.1.	Programa del micro controlador ATMEGA 328P	46
3.6.2.	Programa de la Tablet Keissen	48
3.7.	Descripción de la placa de control.....	50
3.7.1.	Circuito de regulación de voltaje	50
3.7.2.	Circuito de control	51
3.7.3.	Circuito de potencia para el motor.....	52
3.7.4.	Circuito de sensado de corriente en el motor	54
3.7.5.	Circuito de sensado de temperatura.....	54
3.7.6.	Circuito de activación de relé	55
3.7.7.	Circuito de indicadores.....	56
3.8.	Circuito impreso de la placa de control.....	57
3.8.1.	Vista 3D de la placa de control.....	58

CAPÍTULO IV

4.	CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO	59
4.1.	Montaje de la estructura metálica soporte	59
4.2.	Montaje del sistema de refrigeración.....	60
4.3.	Montaje del sistema de transmisión de movimiento	62
4.4.	Montaje del sistema electrónico	64
4.5.	Montaje del sistema eléctrico.....	66
4.6.	Montaje de la carcasa de la máquina.....	67

CAPÍTULO V

5.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	68
5.1.	Análisis de resultados de las encuestas realizadas a los clientes más frecuentes de la Heladería Los Pinos	68
5.1.1.	Resultados obtenidos mediante el programa Geogebra.....	72
5.1.2.	Prueba de hipótesis obtenida mediante el programa PSPP	72
a.	Paso 1 (redacción de la hipótesis)	73
b.	Paso 2 (DETERMINAR α).....	73

c.	Normalidad.....	73
d.	Igualdad de varianza.....	74
5.2.	Análisis financiero	75
5.2.1.	Análisis de costos	75
a.	Costos directos	75
b.	Elementos mecánicos	76
c.	Materiales eléctricos y electrónicos	76
d.	Elementos de refrigeración	77
5.2.2.	Costos Indirectos	78
a.	Costos de materiales adicionales.....	78
5.2.3.	Inversión total.....	79
5.3.	Cálculo del VAN y el TIR.....	79

CAPÍTULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
6.1.	Conclusiones	84
6.2.	Recomendaciones	85

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
---------------------------------	----

LINKOGRAFÍA	88
-------------------	----

ANEXOS	90
--------------	----

ANEXO A. DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO

ANEXO B. DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA.

ANEXO C. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

ANEXO D. PROGRAMACIÓN EN EL SOFTWARE IDE ARDUINO

ANEXO E. PROGRAMACIÓN EN EL SOFTWARE IDE ANDROID STUDIO

ANEXO F. TABLA DE PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS DIFERENTES
COMPONENTES PARA HELADOS

ANEXO G. TABLA DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS
ALIMENTOS

- ANEXO H. TABLA DE PROPIEDADES DEL AIRE A LA PRESIÓN DE UNA ATMÓSFERA
- ANEXO I. TABLA DE LA CORRELACIÓN EMPÍRICA DEL NÚMERO PROMEDIO DE NUSSELT PARA LA CONVECCIÓN NATURAL SOBRE SUPERFICIES
- ANEXO J. TABLA DE LAS PROPIEDADES DE LOS NO METALES
- ANEXO K. TABLA DE LAS PROPIEDADES DE LOS VALORES DE LOS METALES
- ANEXO L. VISCOSIDAD PROMEDIO DE LA MEZCLA DEL HELADO
- ANEXO M. NÚMERO DE REYNOLDS
- ANEXO N. CATÁLOGO DE MOTORES KING
- ANEXO O. PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.	Esquematación de los procesos para la elaboración de helado	10
Figura No. 2.	Composición de una mezcla.....	15
Figura No. 3.	Mezcla con incorporación de aire	15
Figura No. 4.	Esquema de la maquinaria	18
Figura No. 5.	Unidad condensadora.....	20
Figura No. 6.	Condensadores de aire forzado.....	21
Figura No. 7.	Compresor alternativo hermético	21
Figura No. 8.	Evaporador tubular	22
Figura No. 9.	Tubo capilar.....	23
Figura No. 10.	Válvula de expansión termostática.	24
Figura No. 11.	Agitadores de hélice (a) Normal de tres patas. (b) De cuchilla. (c) Protegida.	31
Figura No. 12.	Agitadores de paletas: (a) Paletas planas (b) Paletas inclinadas (c) Agitador de ancla.....	31
Figura No. 13.	Agitadores de turbina: (a) Abierto de palas verticales. (b) De disco con álabes. (c) De paletas verticales curvas. (d) Cerrado de paletas curvas con un anillo difusor.	32
Figura No. 14.	Patrón de flujo con agitador no centrado	33
Figura No. 15.	Micro Controlador Atmega 328p	34
Figura No. 16.	Aspecto de la placa Arduino Duemilanove.....	35
Figura No. 17.	Programa Android Studio	36
Figura No. 18.	Dimensiones de la cámara de enfriamiento	39
Figura No. 19.	Sistema de sistema de agitación de la mezcla de helado.....	42
Figura No. 20.	Diagrama del sistema eléctrico de potencia.....	45
Figura No. 21.	Diagrama de flujo del programa del micro controlador	47
Figura No. 22.	Diagrama de flujo del programa de la Tablet	48

Figura No. 23.	Placa de control.....	50
Figura No. 24.	Circuito de regulación de voltaje.....	51
Figura No. 25.	Circuito de control.....	52
Figura No. 26.	Circuito de potencia para el motor	53
Figura No. 27.	Circuito de sensado de corriente en el motor.....	54
Figura No. 28.	Circuito de sensado de temperatura	55
Figura No. 29.	Circuito de activación de relé.....	56
Figura No. 30.	Circuito de indicadores	57
Figura No. 31.	Circuito impreso de la placa de control	57
Figura No. 32.	Parte superior de la placa de control	58
Figura No. 33.	Parte inferior de la placa de control	58
Figura No. 34.	Estructura metálica.....	60
Figura No. 35.	Fabricación del serpentín del evaporador.....	61
Figura No. 36.	Unidad condensadora en funcionamiento.....	61
Figura No. 37.	Estructura metálica y el sistema de refrigeración.	61
Figura No. 38.	Medición y corte de los ejes.....	62
Figura No. 39.	Ensamble de la palanca de elevación y descenso.....	62
Figura No. 40.	Fijación del eje en la paleta.....	63
Figura No. 41.	Fabricación de resortes.....	63
Figura No. 42.	Ensamble total de la palanca de elevación y descenso.....	64
Figura No. 43.	Construcción de la placa de elementos	64
Figura No. 44.	Conexión de la Tablet y los distintos dispositivos a la placa de control electrónica.....	65
Figura No. 45.	Montaje del sistema eléctrico y electrónico.....	65
Figura No. 46.	Cableado y conexión de dispositivos	66
Figura No. 47.	Conexión de dispositivos al cortapicos	66
Figura No. 48.	Montaje y funcionamiento final de la máquina.....	67
Figura No. 49.	Grafica de porcentajes de los helados elaborados manualmente (Excel).....	70

Figura No. 50.	Grafica de porcentajes de los helados elaborados en la máquina (Excel)	70
Figura No. 51.	Pruebas estadísticas.	72
Figura No. 52.	Prueba de hipótesis	72
Figura No. 53.	Cálculo del VAN en Excel	82
Figura No. 54.	Cálculo de la TIR en Excel	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1.	Composición porcentual de ingredientes para los helados	16
Tabla No. 2.	Clasificación de los refrigerantes por el número de identificación.....	28
Tabla No. 3.	Potencia necesaria para enfriar los helados	41
Tabla No. 4.	Potencia consumida en el cambio de fase.....	41
Tabla No. 5.	Coefficiente de transferencia de calor por convección	41
Tabla No. 6.	Cálculo del calor ganado por las paredes	41
Tabla No. 7.	Cálculo de la potencia térmica total requerida	42
Tabla No. 8.	Selección del moto-reductor del sistema de agitación.....	43
Tabla No. 9.	Cálculo del torque y la fuerza de agitación	43
Tabla No. 10.	Diseño del eje del agitador	43
Tabla No. 11.	Selección del resorte de elevación	43
Tabla No. 12.	Diseño de la palanca de elevación y descenso	44
Tabla No. 13.	Variables que envía el micro controlador a la tablet	46
Tabla No. 14.	Variables que envía la Tablet al micro controlador	46
Tabla No. 15.	Controles del HMI.....	49
Tabla No. 16.	Indicadores del HMI.....	49
Tabla No. 17.	Datos de las personas encuestadas (Excel):	68
Tabla No. 18.	Normalidad de las encuestas realizadas	74
Tabla No. 19.	Igualdad de varianza	74
Tabla No. 20.	Prueba T de Student	75
Tabla No. 21.	Costo de materiales mecánicos.....	76
Tabla No. 22.	Costo de materiales eléctricos y electrónicos	77
Tabla No. 23.	Costo de los elementos de refrigeración.....	77

Tabla No. 24.	Costos de alquiler de herramientas para maquinado.....	78
Tabla No. 25.	Costos de materiales adicionales	78
Tabla No. 26.	Inversión total	79
Tabla No. 27.	Flujo de ingresos en el año 2015.....	80
Tabla No. 28.	Flujo de egresos en el año 2015.....	81
Tabla No. 29.	Resultados de los indicadores financieros	82

RESUMEN

El presente proyecto se implementó con la finalidad de reducir el tiempo de producción, disminuir la intervención del artesano para evitar el contacto con el producto y conservar su calidad según las normas de higiene y salud, para poder atender diariamente a los clientes. El desarrollo incluye un estudio teórico del proceso de elaboración de helados de paila, seguido por un análisis termodinámico y de transferencia de calor que permite determinar las ecuaciones necesarias para el diseño térmico y establecer los parámetros y variables que engloban las ecuaciones de estado estable y transitorio del equipo. Utilizando catálogos y software de refrigeración, se seleccionan los equipos y accesorios de la máquina en base a los parámetros y criterios de diseño. Posteriormente se realiza el análisis mecánico para determinar las dimensiones de la estructura soporte, ejes y demás complementos. En base a los resultados térmicos y mecánicos se diseña el sistema de dosificación y se realiza un análisis de mecanismos según lo requerido. Seguidamente se procede a realizar el control automático de la máquina mediante un proceso HMI local. Finalmente luego del desarrollo térmico, mecánico y eléctrico se describe el montaje, los costos de fabricación incurridos en la máquina, conclusiones y recomendaciones, anexos y planos.

PALABRAS CLAVE:

- **HELADOS – INDUSTRIALIZACIÓN**
- **HELADERÍA LOS PINOS**
- **REFRIGERACIÓN**
- **CONTROL AUTOMÁTICO**

SUMMARY

This project consists was implemented in order to reduce production time, reduce the intervention of the artisan to avoid contact with the product and maintain its quality by the standards of hygiene and health, to serve customers daily. The development includes a theoretical study of the process of making ice cream from pan, followed by a thermodynamic and heat transfer analysis for determining the equations necessary for the thermal design and establish the parameters and variables that comprise the state equations stable and transient of the team. Using software catalogs and cooling equipment and accessories based on machine parameters and design criteria are selected. Subsequently mechanical analysis is performed to determine the dimensions of the support structure axis and other accessories. Based on thermal and mechanical results dispensing system is designed and mechanism analysis is performed as required. It then proceeds to perform the automatic control of the machine via a local HMI process. Finally, after the thermal, mechanical and electrical assembly described development, manufacturing costs incurred in the machine, conclusions and recommendations, annexes and plans.

KEYWORDS:

- **ICE CREAM - INDUSTRIALIZATION**
- **PINOS ICE CREAM**
- **REFRIGERATION**
- **AUTOMATIC CONTROL**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

Actualmente la elaboración de los helados de paila se ha modificado, debido a diversos avances tecnológicos que benefician al dueño del local y al consumidor para elaborar productos de mejor calidad, esto es implementando máquinas capaces de sustituir el esfuerzo físico del artesano. Todo ser humano puede estar en peligro inminente, ocasionado por esfuerzos físicos, descuidos humanos e incluso imprevistos de procedencia natural como lo son las maniobras al procesar, llenar y batir los helados de paila.

Garantizar la seguridad total del recurso humano es casi imposible; pero se puede disminuir en gran parte el riesgo de accidentes laborales mediante algunos métodos, uno de ellos es la implementación de una MÁQUINA AUTOMÁTICA DE HELADOS DE PAILA, que tiene como principal objetivo la reducción del tiempo de producción y prevenir contacto con el producto terminado para su total esterilización de contagio de enfermedades.

En vista de la gran demanda de diferentes productos alimenticios como son, los helados de crema, de fruta, etc., la heladería los Pinos se ha visto en la necesidad de implementar nueva tecnología para mejorar su presentación, proceso de producción y despacho, por tal motivo se desarrolla el DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN de dicha MÁQUINA AUTOMÁTICA, y situarse en el mercado con suficiente producción.

1.1. Antecedentes

El presente proyecto comprende el diseño de una máquina para elaborar helados de paila para la señora María Vivas perteneciente a la tercera edad, de la ciudad de Quito, para alcanzar este fin se requiere realizar una evaluación de las condiciones de operación del equipo.

Hoy en día los consumidores se encuentran preocupados con respecto a la seguridad e higiene con que fueron elaborados los productos, alimentos que consumen, el aumento de esta conciencia colectiva ha hecho posible que este tema tome un papel de mucha importancia dentro de la salud alimenticia.

La elaboración de los helados de paila contiene un conjunto de actividades dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el acabado del producto, la materia prima utilizada son de origen vegetal o animal.

Actualmente se ha experimentado un intenso proceso de automatización, en un principio el trabajo se realizaba a mano, la cual necesitaba de la utilización intensiva de la mano de obra, en la actualidad se ha creado procesos industriales para facilitar el trabajo de mano de obra y a la vez optimizar el talento humano en la elaboración de los tradicionales helados de paila.

Por lo tanto se está haciendo uso de sistemas automatizados para la elaboración de helados de paila, cumpliendo con las normativas legalmente establecidas para el adecuado manejo y procesamiento de los componentes del producto en este caso una máquina automática para helados de paila que ayudara a mejorar el tiempo, calidad e higiene de la elaboración del helado de paila para su consumo.

1.2. Planteamiento del problema

Con la elaboración del helado a mano se puede obtener pequeñas cantidades de helados en tiempos extensos, también se puede transmitir enfermedades a los consumidores directos o indirectos, o la persona que elabora el helado puede contraer enfermedades ya sea por los esfuerzos físicos, por los cambios de temperatura y por la edad que tienen las personas que llevan elaborando estos tradicionales helados de paila.

Otro de los problemas es la utilización de la paja, ya que la ley forestal y de vida silvestre, prohíbe la recolección y comercialización de este recurso.

1.3. Justificación e importancia

Debido a lo planteado, la señora María Vivas de 80 años de edad, se ve en la necesidad de incorporar procesos automáticos en la producción de helados de paila para de esta manera evitar esfuerzos físicos y contaminación del producto, además permite tener múltiples beneficios.

Los beneficios son de reducir el tiempo, mejorar la higiene y la calidad del producto en la elaboración del helado de paila.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

“Diseñar e implementar una máquina de helados de paila para reducir el tiempo de producción”.

1.4.2. Objetivo específico

- Fundamentar información de procesos para elaborar helados de paila.
- Diseñar el sistema mecánico, térmico y eléctrico para la máquina automática.
- Implementar la máquina automática.

1.5. Metas

- Disminuir los tiempos de producción de los helados de paila.
- Mejorar la calidad, higiene y evitar el contacto con el producto final.

- Adquirir un sistema automático eficaz, con el cual mejore su producción.
- Presentar y enseñar el funcionamiento de la máquina automática de helados de paila con todos sus planos mecánicos, térmicos y eléctricos, durante el intervalo de tiempo establecido.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Reseña histórica

Existen varios relatos acerca de la invención del helado, unos se lo atribuyen a Nerón y otros a los chinos, lo cierto es que surgió de la mezcla de nieve con fruta. Como antecedente en la historia se encuentra que lo disfrutaban pueblos turcos, árabes y romanos, además se dice que en la corte de Alejandro Magno, se enterraban ánforas conteniendo frutas mezcladas con miel, en la nieve, para conservarlas mejor y se servían heladas. Los cocineros árabes, de los Califas de Bagdad, se destacaron en refinar la calidad y variedad de estos, incorporando a la preparación zumos de fruta. A estas mezclas le dieron el nombre de "sharbets", que quiere decir bebida, de allí el nombre sorbete empleado hoy en día. Se atribuye a Marco Polo de regreso de uno de sus viajes al Lejano Oriente, el haber divulgado en Italia una receta para su preparación. Se ha llegado a decir que el nombre de los helados llamados "polo" se puso en homenaje al legendario Marco Polo. Para la preparación era indispensable disponer de nieve y de los medios para conservar su estado, por lo que degustar de un helado era únicamente privilegio de Reyes. (Estévez Chasipanta & Quilamba Gualoto, 2012)

Según referencias históricas, en los siglos XVI y XVII, en las Cortes de España, Francia e Inglaterra, se elaboraban y servían helados. Además se sabe que los helados llegaron a Francia, cuando Catalina de Médicis se casó con Enrique II. A Inglaterra en cambio, llegaron de la mano de un cocinero francés que sirvió en la corte y que inventó una receta que incorporaba leche a los helados. En la corte del rey francés Luis XIV hacia el año 1600 se presentó el helado con esas características en la alta sociedad. También en ese entonces, el año 1660, el italiano Procopio inventó una máquina que homogeneizaba las frutas, el azúcar y el hielo, con lo que se obtenía una verdadera crema helada, similar a la que hoy conocemos. Para el siglo XVIII, las recetas de helados empezaron a incluirse en los libros de cocina. Hacia 1700, los helados llegaron

a América del Norte y se hicieron populares en Estados Unidos. En 1846, Nancy Johnson, una norteamericana, inventó la primera heladora automática, con lo que puso la base para el surgimiento del helado industrial. En 1851, Jacobo Fussel fundó la primera empresa productora de helados, de los Estados Unidos. (Estévez Chasipanta & Quilamba Gualoto, 2012)

2.1.1. Helados en Ecuador

No existe un registro exacto de cómo, ni cuando llegaron los helados al Ecuador pero si una historia de cómo se inició la producción y comercialización de los dos tipos más populares de helados: helados de salcedo y helados de paila. (Estévez Chasipanta & Quilamba Gualoto, 2012)

2.1.2. Historia de los helados de paila

Se cree fueron elaborados por primera vez por la señora Rosalía Suárez, alrededor de 1897 cuando solo tenía 17 años, su experimento con jugos tropicales y claras de huevos inició esta tradición ibarreña que hoy forma parte de su cultura. “Se preparan en pailas de bronce que se disponen sobre una cama de hielo con sal, envuelta en paja. La receta requiere mezclar en la paila el jugo de fruta, agua, panela, canela, claras de huevo y pimienta de olor, y batir los ingredientes con una cuchara de palo hasta obtener el punto de preparación”. Estos helados se difundieron por todo el país y su fama llegó incluso internacionalmente, alcanzando en México, la heladería y cafetería Rosalía Suárez (propiedad del señor Segundo Darío Suárez, nieto de Rosalía Suárez), un certificado Internacional Agila C y P (Calidad y Prestigio) en 1999. El reconocimiento fue la distinción más alta a nivel mundial por haber obtenido el primer lugar en el ramo de heladerías en una encuesta aplicada entre el público consumidor de Ibarra. (Estévez Chasipanta & Quilamba Gualoto, 2012)

2.2. Proceso general de fabricación de helados

La elaboración artesanal e industrial de los diversos tipos de helados incluye las siguientes etapas:

2.2.1. Recepción y almacenamiento de las materias primas

- Las materias primas se almacenan en tanques, silos, bidones, o sacos dependiendo de su forma física.
- Los productos sólidos, se utilizan en cantidades relativamente pequeñas, tales como sueros en polvo, estabilizantes y emulsionantes, se reciben generalmente en sacos.
- Los productos lácteos recibidos se enfrían hasta unos 5°C antes de su almacenamiento
- Otros productos como la leche condensada, la glucosa y las grasas vegetales se almacenan a temperaturas relativamente altas (30-50°C), con el objeto de mantener su viscosidad lo suficientemente baja como para que puedan ser bombeadas. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.2.2. Homogeneización

La elaboración del helado comienza con una simple emulsión aceite en agua, que se crea al homogeneizar los ingredientes a una temperatura donde toda la grasa está en estado líquido (temperatura de pasteurización). Durante la homogeneización se logra disminuir el tamaño de los glóbulos grasos a menos de 1 mm, aumentando así su área superficial, y se promueve la formación de una membrana de proteínas (principalmente caseínas) que rodean la superficie de dichos glóbulos grasos. En este momento las gotas de grasa se mantienen separadas y suspendidas en la fase acuosa debido al efecto estabilizante otorgado por dicha membrana. Es necesario agregar emulsificantes a la mezcla para reducir parcialmente tal estabilidad de los glóbulos grasos, y permitir de este modo, que éstos actúen como estabilizantes de las burbujas de aire que serán incorporadas más adelante. Durante la homogeneización se controlan dos parámetros fundamentales que influyen en la textura del helado: temperatura y presión. Si se trabaja a una temperatura menor a 65°C se formarán agregaciones de glóbulos grasos (clumping) en cambio, a temperaturas elevadas (85°C) se produce la ruptura de los glóbulos grasos con mayor eficiencia. La presión de trabajo es inversamente proporcional a la relación materia grasa/sólidos no grasos de la leche, es decir, se

necesitan mayores presiones cuando se trabaja con menor porcentaje de materia grasa respecto de los sólidos no grasos. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.2.3. Batido y Congelado

La mezcla de helado comienza a batirse y congelarse. Este proceso crea dos fases estructurales discretas, millones de pequeños cristales y burbujas de aire dispersas en una fase concentrada no congelada. La etapa de cristalización consiste en la nucleación y crecimiento de los cristales. La nucleación es la asociación de moléculas en una partícula minúscula ordenada, de un tamaño suficiente como para sobrevivir y servir de sitio para el crecimiento de los cristales. El crecimiento de un cristal es el aumento de tamaño de los núcleos por adición ordenada de moléculas. Estas dos etapas ocurren simultáneamente, por lo tanto se hace necesario controlar sus velocidades relativas para lograr controlar las características del sistema cristalino. A medida que comienza la cristalización, el agua, proveniente de la leche, se va congelando en forma pura. De esta manera comienza a aumentar la concentración de la solución de azúcares debido a la remoción del agua en forma de hielo. El punto de congelación de dicha solución disminuye conjuntamente con el aumento en la concentración. El proceso de batido ayuda a que los cristales de hielo se mantengan en un tamaño discreto. Los cristales de hielo deben tener un diámetro entre 30-50 μm . Es importante lograr la mayor cristalización posible del agua libre en esta etapa de congelación, puesto que en la etapa siguiente, endurecimiento, los cristales aumentarán de tamaño, si existe aún agua disponible, y darán por resultado una textura final indeseada. Otro factor importante es la capacidad de incorporar aire (overrun), la cual va a depender de la temperatura. La mayor incorporación de aire se produce entre -2 a -3 $^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, cuando la mezcla endurece decrece la capacidad de incorporación de aire. Este nuevo ingrediente queda incorporado en forma de pequeñas burbujas o células de 50-80 μm de diámetro. Aproximadamente la mitad del volumen del helado está compuesto por aire, sin él el helado no tendría la estructura suave característica. La estabilidad de este sistema (aire - cristales de hielo - gotas de grasa - fase líquida) dependerá del grado del overrun, del tamaño de las celdas de aire y, fundamentalmente, del espesor de la capa que rodea las

células de aire. Esta capa está constituida por la grasa parcialmente desestabilizada, proteínas lácteas, sales no disueltas y estabilizantes. La misma debe tener un espesor mínimo de 10 μm y ser suficientemente resistentes. A igual cantidad de aire incorporado, si las células de aire tienen menor tamaño habrá una mayor área superficial a cubrir por dicha capa, por lo tanto la misma será más delgada y las células estarán más predispuestas a deformarse por la acción de los cristales de hielo. Si las burbujas de aire se unen entre sí y escapan de la matriz, el helado no puede mantener su forma y colapsa. Burbujas de aire finamente dispersas en el helado Los glóbulos de grasa, en estado de parcial coalescencia, forman una estructura tridimensional capaz de rodear a las burbujas de aire y mantenerlas estables dentro del sistema. Si los glóbulos grasos se encuentran desestabilizados en exceso, la superficie de las gotas de aire no quedan totalmente cubiertas provocando menor estabilidad en el sistema. Otra porción de los glóbulos grasos se mantiene en la fase acuosa ayudando a reducir la velocidad de fusión del helado. Cuando se coloca el helado a temperatura ambiente (de climas cálidos) ocurren dos fenómenos: la fusión de los cristales de hielo y el colapso de la estructura espumosa estabilizada por la grasa. La fusión del hielo depende de la temperatura y condiciones del ambiente (será más rápida a mayor temperatura y en un día ventoso, puesto que aumenta la velocidad de transferencia de calor). Sin embargo, incluso después de que los cristales de hielo hayan fundido, el helado "no funde" hasta tanto la espuma estabilizada por los glóbulos grasos no colapse. Esto último es función de la cantidad de grasa parcialmente desestabilizada, la cual puede controlarse con la concentración de emulsionantes. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.2.4. Envasado y moldeado

Los helados de paila pueden envasarse en copas, conos, tarrinas, etc.

2.2.5. Endurecimiento y conservación del helado

Los productos envasados inmediatamente después de la congelación deben ser transferidos a un túnel de endurecimiento, cuanto más rápido es el endurecimiento mejor es la textura, luego

se almacena en estantes o cajones a una temperatura de -25° a -30° C. Es importante evitar fluctuaciones de temperatura durante su almacenamiento y distribución, ya que los cristales de hielo son relativamente inestables, pueden sufrir cambios de tamaño, número y forma, en un proceso conocido como recristalización. La recristalización se puede minimizar manteniendo temperaturas bajas y constantes durante el almacenamiento del producto. Si la temperatura aumenta durante el almacenamiento, algunos de los cristales, particularmente los más pequeños, se fundirán y de esta manera aumentará la cantidad de agua no congelada. Por lo contrario, cuando la temperatura disminuya, el agua no congelada volverá a cristalizar pero no volverá a formar núcleos sino que se depositará en la superficie de los cristales más grandes, disminuyendo así el número total de cristales y aumentando el tamaño promedio de los mismos. La vida útil del helado de paila depende del tipo de producto, el envasado, y el mantenimiento de una temperatura suficientemente baja. (Ulcuango Túquerres, 2011)

En la Figura No.1 se representa en resumen los pasos para la elaboración de los helados de paila.

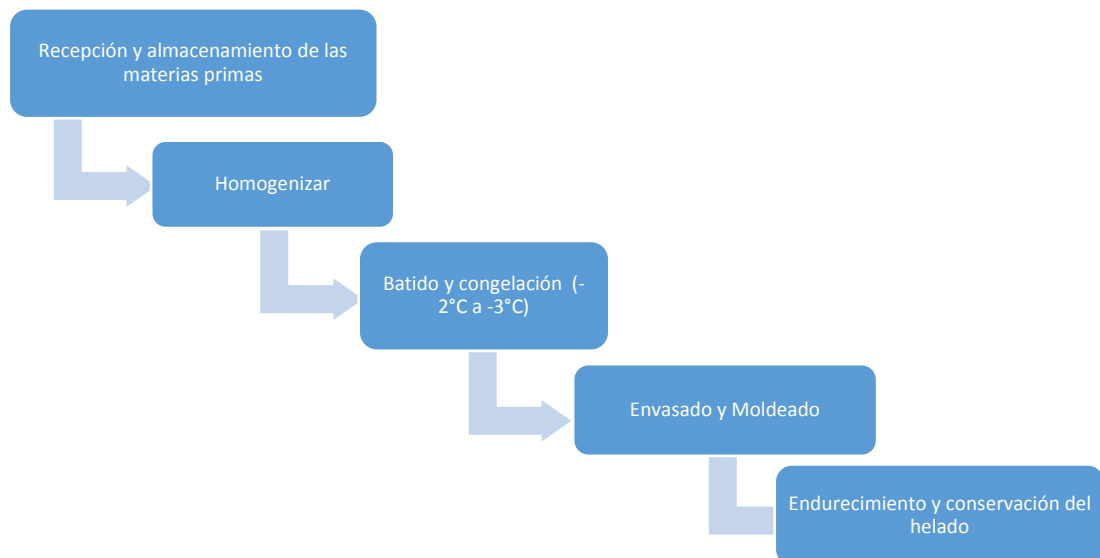


Figura No. 1. Esquematización de los procesos para la elaboración de helado

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

2.3. Textura óptima del helado

Uno de los aspectos a tener en cuenta para definir la calidad del helado es que tenga la textura apropiada. Este es un concepto inicialmente visual, y después lo percibimos en la boca, al consumirlo. Se considera que la textura es la óptima cuando: el conjunto de componentes proporciona una estructura cremosa, uniforme, ligera y suave, por lo que se refiere a la disposición y dimensión de las partículas que lo componen, cuando las partículas sólidas son lo suficientemente pequeñas para no ser detectadas en la boca. (Ulcuango Túquerres, 2011)

Generalmente se espera que las células de aire midan entre 50-100 μm , los cristales de hielo entre 20-60 μm y los glóbulos de grasa entre 0.2-2.0 μm , además de las sales, proteínas, azúcares y estabilizantes que estarán disueltos en el agua que queda en estado líquido. Los factores que permiten una textura más suave y agradables son:

- La composición del mix.
- El método de elaboración.
- Los ingredientes usados.
- La forma de congelación y la rapidez de endurecimiento.
- Las condiciones de almacenamiento.

2.3.1. La composición del mix

La cantidad apropiada de sólidos totales del mix reduce de la cantidad de agua a congelar, retarda el crecimiento de cristales y la incorporación de aire durante el proceso de congelación y se baja el punto de congelación. El contenido de grasas en el mix, en la proporción adecuada, reduce el tamaño de los cristales de hielo y produce un efecto lubricante, que da sensación de suavidad en la boca. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.3.2. El método de elaboración

Seguir al pie de la letra los procesos de pasteurización, homogeneización y maduración, son determinantes en la textura del producto, si la lactosa se cristaliza durante el proceso la textura será arenosa. Las temperaturas altas en la pasteurización del mix producen una textura más suave y permiten una mejor disolución de las grasas y azúcares, y permiten una mejor integración entre los ingredientes. En el caso de utilizar homogeneizador, la presión correcta es importante para mejorar la textura, sin embargo no debe cometerse el error de dar más presión de la indicada, pues los resultados no mejoran proporcionalmente.

2.3.3. Los ingredientes usados

Al usar frutas frescas o en conserva, debe tomarse en cuenta la cantidad de agua que aportan, al balancear la fórmula. También debe tomarse en cuenta el tamaño de las frutas usadas, trozos muy grandes disminuyen la suavidad al paladar, pero si son muy pequeños desmerecen el aspecto del producto final. La calidad de la leche y crema usadas afecta el producto final, por su contenido de grasas y por el aporte de agua a la mezcla total. Las yemas de huevo producen casi el mismo efecto que los emulsionantes, pero su uso es más costoso, tiene algunos riesgos y los resultados son menos pronunciados. Mayor cantidad de azúcar permite obtener una textura más suave, pues baja el punto de congelación y se aumenta la cantidad del material no congelado, puede balancearse con dextrosa. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.3.4. La congelación, rapidez de endurecimiento y manipulación

Una vez elaborado, se recomienda la congelación rápida, pues produce unos cristales de hielo más pequeños, por lo tanto imperceptibles. Debe controlarse la temperatura a la salida del congelador y evitar las fluctuaciones al pasar a la cámara de endurecimiento. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.3.5. Las condiciones de almacenamiento

El helado puede ser almacenado por bastante tiempo, sin embargo debe cuidarse que las cámaras estén a la temperatura indicada y que no se corte en ningún momento la cadena de frío o que haya fluctuaciones importantes en la temperatura. (Ulcuango Túquerres, 2011)

2.4. Defectos típicos en la textura

La textura depende principalmente del número y tamaño de las partículas, su organización y su distribución; debe ser suave y producir una sensación agradable en la boca.

2.4.1. Áspero

Ocurre cuando los cristales de hielo han crecido hasta un nivel sensorial detectable. Los cristales se funden en la boca.

2.4.2. Arenoso

Se percibe como una contextura arenosa causada por el crecimiento de cristales de lactosa. Estos cristales no se funden en la boca.

2.4.3. Esponjoso

El producto es escamado y se rompe con facilidad. Este defecto es causado con un excesivo overrun, gran tamaño de células de aire o niveles inadecuados de estabilizantes.

2.4.4. Gomoso

Es de estructura compacta y apariencia pegajosa. Es causado por un overrun insuficiente, alta concentración de sólidos o demasiado estabilizante.

2.4.5. Blando

El helado se funde rápidamente en la boca. Las causas de este defecto son: bajo contenido de sólidos totales, alto overrun, inapropiado balance entre grasa y sólidos del suero, o inadecuado nivel de estabilizantes.

2.5. Mezclas bases para helados

La mezcla para helados es el resultado de la incorporación en agua o leche de las distintas materias primas a las que una vez disueltas y tratadas se les incorpora aire, a través de batido y congelamiento. La mezcla es posteriormente moldeada y endurecida. (Núñez López & Proaño Cárdenas, 2008)

*La Figura No.2 muestra la diferencia existente entre la mezcla de ingredientes y la misma mezcla una vez convertida en helado por incorporación de aire (batido) y congelación. La mezcla original **a**) tiene un extracto seco total del 36%, mientras que en el helado con aire **b**) los sólidos totales aun siendo los mismos de la mezcla, representan solo la mitad 18%. El agua pasa también del 64% a la mitad. La incorporación de aire a la mezcla durante el batido es lo que los técnicos heladeros conocen como "sobre-rendimiento". La composición de los helados varía de acuerdo a la legislación de cada país. (Núñez López & Proaño Cárdenas, 2008)*

Durante el proceso la mezcla permanecerá líquida hasta una temperatura de -2.5 a -2.8°C, a partir de la cual comenzará la cristalización; a medida que la temperatura baja las materias disueltas se congelarán en fase amorfa quedando la parte no congelada cada vez más concentrada.

Dependiendo del tipo de congelador empleado, las temperaturas de salida del helado fluctuarán alrededor de -5°C ya está temperatura prácticamente el 50% del agua de la mezcla estará en estado sólido, como puede concluirse en la Figura No.3

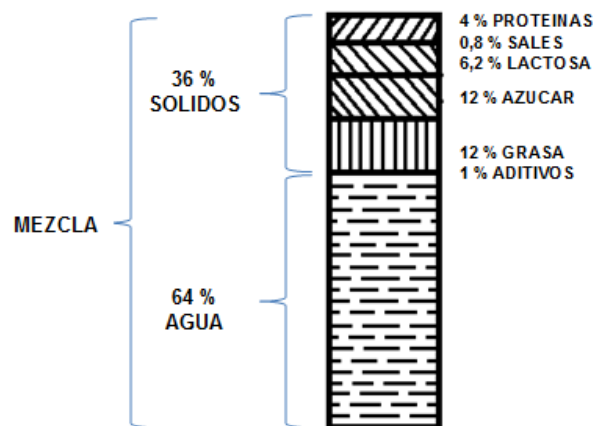


Figura No. 2. Composición de una mezcla
Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

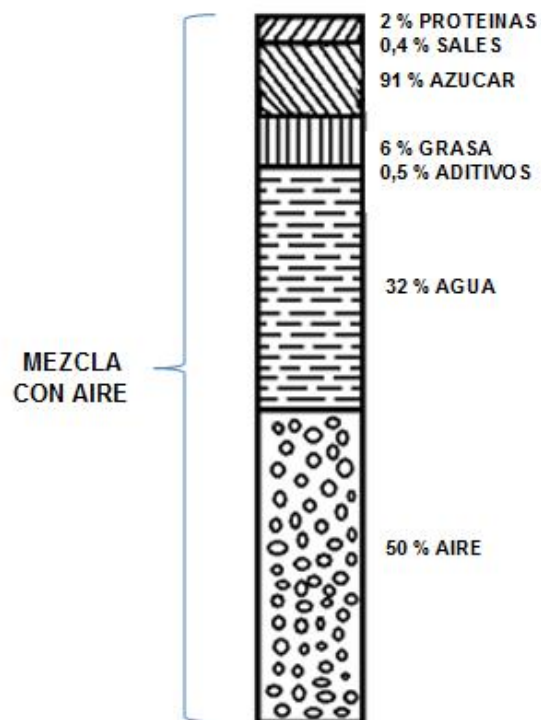


Figura No. 3. Mezcla con incorporación de aire
Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

2.6. Composición, valor calórico y valor nutritivo del helado.

Aunque el helado no es considerado como una fuente primaria de vitaminas y minerales, cabe destacar que su aporte calórico proviene de su alto contenido de azúcares y su valor nutritivo proviene de la leche y productos lácteos que contiene.

2.6.1. Composición

El helado está formado por una mezcla de varios componentes: agua, leche, derivados lácteos, azúcares, grasas vegetales, frutas, huevos, almendras, frutos secos, chocolate, café, cacao y aditivos. La combinación, mezcla y homogenización de estos componentes da como resultado el producto terminado (helado). (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.6.2. Valor calórico y nutritivo

El aporte energético en 100 [g] de helado oscila entre el 150 [Kcal] a 250 [Kcal] y es inferior al valor umbral de 300 [Kcal] considerado para productos altamente calóricos. Además de calorías el helado constituye una fuente significativa de calcio, proteínas, vitamina B2 y minerales. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

En la siguiente tabla se muestra la cantidad porcentual, de algunos nutrientes utilizados en la elaboración de helados.

Tabla No. 1.

Composición porcentual de ingredientes para los helados

Producto	Proteína %	Grasa %	Hidratos de carbono %
Leche	3,50	4,00	4,50
Crema de leche	3,10	30,00	4,00
Leche en polvo entera	28,00	26,00	36,00
Grasa vegetal	0,00	100,00	0,00
Huevos	12,50	12,00	0,60
Almendras	20,00	54,00	17,00
Cacao en polvo	21,00	20,00	38,00

Fuente: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.7. Refrigeración y transferencia de calor

El sistema de refrigeración se utiliza para mantener una región a una temperatura inferior con respecto a los alrededores. El fluido de trabajo puede permanecer en una sola fase (refrigeración por gas) o puede cambiar de fase (refrigeración por compresión de vapor) (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.7.1. Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

El ciclo de refrigeración es un ciclo cerrado, en el cual el fluido refrigerante regresa a su estado inicial al final del mismo para su posterior recirculación. A medida que el refrigerante circula a través del sistema, este pasa por un número de cambios en su estado o condición, cada uno de los cuales es llamado un proceso. El ciclo de refrigeración simple vapor-compresor consta de cuatro procesos fundamentales: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

- Expansión.
- Vaporización.
- Compresión.
- Condensación.

Para entender el ciclo de refrigeración es necesario considerar por separado cada proceso en relación al ciclo completo. Cualquier cambio en alguno de los procesos del ciclo influye en los demás.

En la Figura No.4 se muestra el esquema del equipo para tal ciclo, junto con diagramas Ts y Ph del ciclo ideal. El vapor saturado en el estado 1 se comprime isoentrópicamente a vapor sobrecalentado en el estado 2. El vapor refrigerante entra a un condensador, de donde se extrae calor a presión constante hasta que el fluido se convierte en líquido saturado en el estado 3. Para que el fluido regrese a presión más baja, se expande adiabáticamente en una válvula o un tubo capilar hasta el estado 4. El proceso 3-4 es una estrangulación y $h_3=h_4$. En el estado 4, el refrigerante es una mezcla húmeda

de baja calidad. Finalmente, pasa por el evaporador a presión constante. De la fuente de baja temperatura entra calor al evaporador, convirtiendo el fluido en vapor saturado y se completa el ciclo. Observe que todo el proceso 4-1 y una gran parte del proceso 2-3 ocurren a temperatura constante.

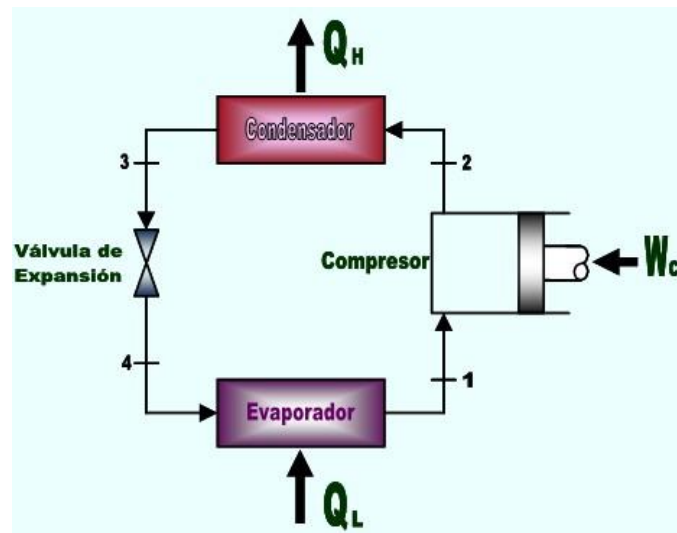


Figura No. 4. Esquema de la maquinaria
Fuente: (Leal)

2.7.2. Procesos del ciclo de refrigeración por compresión de vapor

- **1-2. Compresión isentrópica en un compresor**

El refrigerante en estado de vapor saturado a baja presión y temperatura se comprime en un proceso isentrópico y sale como vapor sobrecalentado a alta presión y temperatura. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

- **2-3. Rechazo de calor a presión constante en un condensador**

El refrigerante en estado de vapor sobrecalentado entra al condensador a alta presión y temperatura y sale como líquido saturado a alta presión y temperatura, mediante un proceso isobárico. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

- **3-4. Estrangulamiento a entalpía constante en un dispositivo de expansión**

El refrigerante que sale del condensador entra al dispositivo de expansión en donde disminuye su presión, pasando de un estado de líquido saturado a alta presión y temperatura, a un estado de mezcla líquido vapor, a baja presión y temperatura. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

- **4-1. Absorción de calor a presión constante en un evaporador**

El refrigerante pasa del estado de vapor líquido al de vapor saturado, por medio de un proceso isobárico. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.7.3. Componentes de un sistema de refrigeración por compresión de vapor

En un sistema de refrigeración por compresión de vapor es necesario el uso de ciertos componentes que cumplan determinados procesos del ciclo. Estos componentes serán seleccionados dependiendo de la presión a la cual se trabaja y de la cantidad de calor a ser removido. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

a. Unidad condensadora

El compresor, el tubo de gas caliente, el condensador y el tanque receptor, junto con el impulsor del compresor (por lo general un motor eléctrico) son a menudo combinados en una unidad compacta. Tal arreglo es conocido como unidad condensadora porque su función en el sistema es recibir el vapor y condensarlo pasándolo a su estado líquido. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

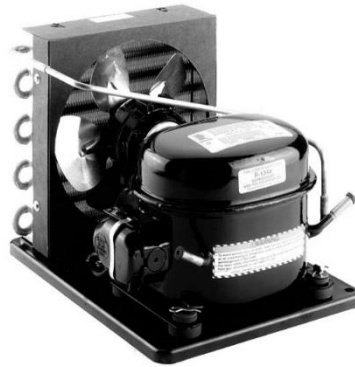


Figura No. 5. Unidad condensadora

Fuente: (Facultad de Ingeniería)

La unidad consta de un motor-compresor herméticamente sellado ensamblado a un compresor impulsado directamente, el cual está instalado en el mismo eje del motor dentro de una cubierta soldada de acero. En este tipo de ensamble el condensador se encuentra en medio de una corriente de aire forzado, producida por un ventilador que mejora la remoción de calor del fluido refrigerante, el mismo que se encuentra en estado de vapor y de esta manera se logra su licuefacción. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

- **Condensador**

Los condensadores son los equipos encargados de transferir hacia fuera del ciclo de refrigeración el calor absorbido en el evaporador y en la etapa de compresión. Lo hacen condensando el vapor refrigerante desde el compresor. Hay tres tipos de condensadores: (Facultad de Ingeniería)

- a) Enfriados por aire
- b) Enfriados por agua
- c) Evaporativos

Los enfriados por aire se utilizan generalmente en aire acondicionado y los otros dos tipos en refrigeración comercial e industrial. (Facultad de Ingeniería)



Figura No. 6. Condensadores de aire forzado

Fuente: (Facultad de Ingeniería)

- **Compresor**

La función del compresor en el ciclo de Refrigeración es elevar la presión del gas Refrigerante desde la presión de salida del Evaporador hasta la presión del Condensador. (Facultad de Ingeniería)



Figura No. 7. Compresor alternativo hermético

Fuente: (Facultad de Ingeniería)

- **Evaporador**

El evaporador es un intercambiador de calor, en el que se da la transferencia de calor desde el fluido que se quiere enfriar (generalmente aire que circula en la cámara de frío) y el refrigerante que se está evaporando. En refrigeración doméstica y comercial,

se emplean por lo general dos tipos de evaporadores: los evaporadores inundados y los secos. (Facultad de Ingeniería)

Los evaporadores de expansión directa (o seca). Se alimenta la cantidad justa de refrigerante para que se evapore en su totalidad antes de salir del evaporador. Es un serpentín, generalmente aletado, colocado en la cámara de refrigeración, en su interior circula el refrigerante que se evapora, procedente de la válvula de expansión. Al estar en cambio de fase tiene una temperatura constante. Por fuera circula el medio que se quiere enfriar, generalmente aire que circula en flujo cruzado al serpentín, movido por un ventilador. Este aire luego se distribuye por toda la cámara de frío, enfriando a su vez los productos almacenados. (Facultad de Ingeniería)

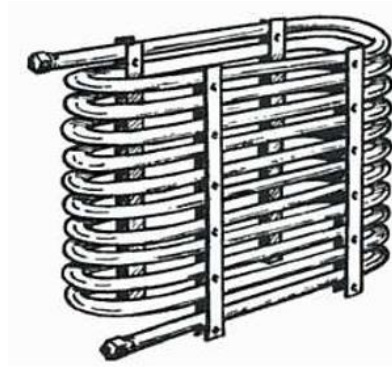


Figura No. 8. Evaporador tubular

Fuente: (Facultad de Ingeniería)

b. Dispositivos de control del flujo del refrigerante

La función es regular la entrada del fluido refrigerante en el evaporador y mantener la diferencia de presiones entre los lados de alta y baja presión del sistema.

- **Tubo capilar.**

El tubo capilar es un dispositivo de control de refrigerante. Se trata de un simple tubo de cobre con una longitud específica que depende de la aplicación

o unidad donde se lo use, y en cuyo interior posee un orificio de diámetro muy reducido, que actúa como restricción al paso del refrigerante que ingresa al evaporador de un frigorífico o sistema de refrigeración. A la entrada del tubo capilar, suele instalarse un filtro deshidratador, con el fin de prevenir la obstrucción del tubo capilar, ya que su orificio interior, de pequeño diámetro, es propenso a bloquearse con impurezas o humedad. La longitud del tubo capilar es lo que hace posible la resistencia necesaria para crear la diferencia de presión entre el lado de alta y baja presión de un sistema frigorífico.



Figura No. 9. Tubo capilar

Fuente: (Wikipedia®, 2016)

- **Válvula de expansión termostática.**

El dispositivo de expansión o válvula de expansión tiene la función en el sistema de refrigeración de controlar el flujo de refrigerante líquido que entra al evaporador. El refrigerante líquido que llega al dispositivo a alta presión, fluye a través de él y se transforma en una mezcla líquido – vapor a baja presión. Esa mezcla pasará totalmente a fase gaseosa dentro del evaporador, absorbiendo el calor del medio que está siendo enfriado. A mayor o menor

flujo de refrigerante a través del dispositivo, se podrá absorber más o menos calor del medio a enfriar. Dado que el dispositivo de expansión regula la cantidad de refrigerante hacia el evaporador, su selección es de particular importancia para la correcta operación del sistema de refrigeración.

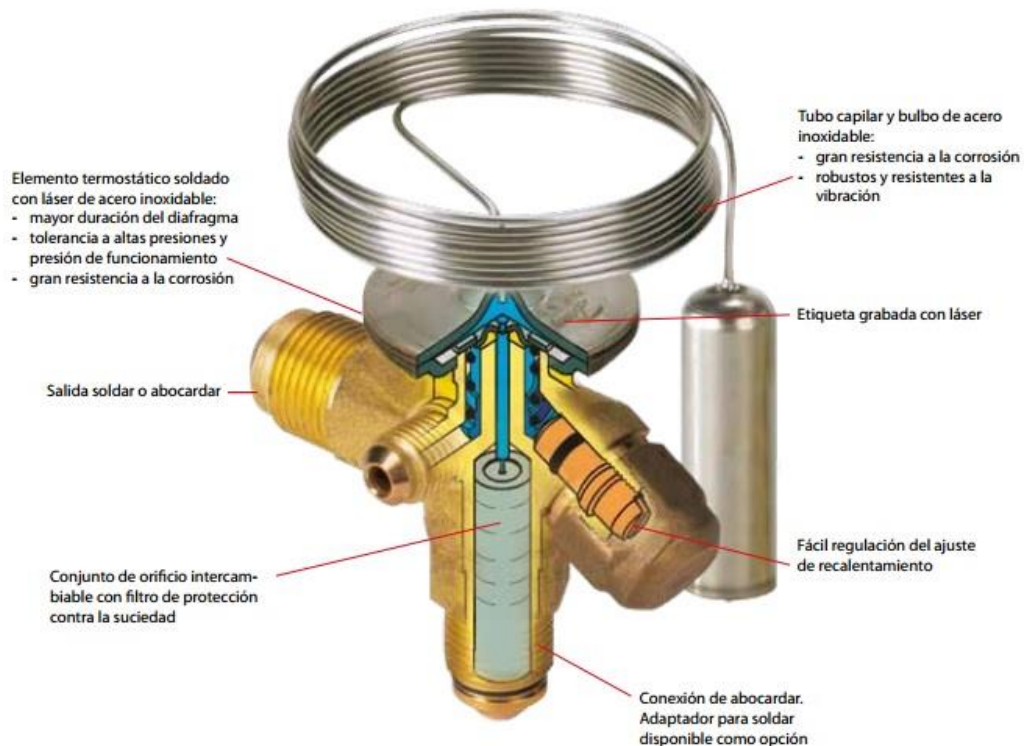


Figura No. 10. Válvula de expansión termostática.

Fuente: (Wikipedia®, 2016)

c. Carga de refrigeración.

La velocidad a la cual el calor debe ser eliminado de un espacio o material refrigerado a fin de producir y mantener las condiciones deseadas de temperatura, se le denomina carga de refrigeración o carga de enfriamiento. La carga de enfriamiento está constituida por las distintas fuentes de calor:

- Ganancia de calor a través de las paredes verticales de la cámara
- Ganancia de calor a través de las paredes horizontales de la cámara

2.8. Transferencia de calor

Se define a la transferencia de calor como la energía calórica en movimiento, debido a un gradiente de temperatura existente en un cuerpo o cuerpos. Existen diferentes tipos de transferencia de calor, los mismos que son denominados modos. Según la forma en la que el calor sea transmitido existen tres principales modos: conducción, convección y radiación. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.8.1. Conducción

Se produce cuando existe un gradiente de temperatura en un sólido o en un fluido estacionario. En una pared plana el flujo de calor es constante y fluye desde el fluido caliente hacia el de menor temperatura.

2.8.2. Convección

Este modo de transferencia de calor ocurre entre una superficie y un fluido que se encuentra a su alrededor. Debe hacerse una distinción entre convección forzada, en la cual el flujo del fluido adyacente es producido por medios exteriores como: ventiladores o bombas y la convección natural, en la que el fluido más caliente (o más frío), que se encuentra próximo a la frontera sólida, ocasiona la circulación a causa de la diferencia de densidades que resulta de la variación de temperatura en una región de fluido. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

Los coeficientes de transferencia de calor por convección natural en las diferentes paredes de la cámara fría son los siguientes:

- Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales exteriores de la cámara fría
- Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales exteriores de la cámara fría

- Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales interiores de la cámara fría
- Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales interiores de la cámara

2.9. Refrigerantes

El refrigerante es un fluido de trabajo o sustancia capaz de absorber calor de calor vaporizado de una fuente fría a baja presión y temperatura, cediendo calor condensado a una fuente caliente a alta presión y temperatura. Esto se da con cambio de estado de líquido a vapor.

Existen diferentes maneras de agrupar a los refrigerantes:

- Por grupos de seguridad.
- En función de la composición.
- De acuerdo al número de identificación.

2.9.1. Por grupos de seguridad.

Por grupos de seguridad los refrigerantes se clasifican:

- Según la toxicidad.
- Por la inflamabilidad.
- Mezclas.

2.9.2. En función de la composición

a. Refrigerantes CFC

Son conocidos como fluorcarbonados ya que en su molécula contienen dos átomos de cloro, flúor y carbono. Actualmente se

prohíbe su venta debido a restricciones ambientales. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

b. Refrigerantes HCFC

Llamados hidroclorofluorcarbonados por que contienen un átomo de hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Su uso es restringido y solo están vigentes hasta el 2015 por ser perjudiciales para la capa de ozono.

c. Refrigerantes HFC

Estos refrigerantes no contienen cloro, pero si hidrógeno, flúor y carbono en su estructura. No destruyen la capa de ozono y su ODP es 0 (Coeficiente destructivo del refrigerante frente a la capa de ozono).

2.9.3. De acuerdo al número de identificación

Los refrigerantes pueden identificarse por un código adoptado internacionalmente, el número de identificación es asignado a cada refrigerante mediante un prefijo compuesto de letras y un sufijo compuesto de dígitos.

El prefijo se compone de la letra “R” (para refrigerantes) y el sufijo corresponde al tipo de compuesto utilizado.

A continuación se muestra una tabla con la clasificación de los refrigerantes de acuerdo al número de identificación:

Tabla No. 2.

Clasificación de los refrigerantes por el número de identificación

REFRIGERANTE	COMPONENTES	PUNTO EBULLICION EN °C a 1013 BAR	ACEITE	AZEOTROPICO	DESGLIZAMIENTO
R 22	GAS PURO	-40,7	MINERAL ALQUIBENCENICO	SI	0 (1)
R 417A	R134a+R125+R600	-41,8	MINERAL POE	NO	5,5 (2)
R 407C	R32+R125+R134a	-43,4	POE	NO	7,3 (2)
R 410A	R32+R125	-51,5	POE PVE	CASI	0,1 (3)
R 404A	R143a+R125+R134a	-45,6	POE	CASI	0,9 (2)
R 507	R43a+R125	-47,1	POE	SI	0 (1)
R 134a	GAS PURO	-26,4	POE	SI	0 (1)
R 413A	R134a+R218+R600a	-35	MINERAL ALQUIBENCENICO POE	NO	6,9 (2)

Fuente: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

(1) Se puede cargar tanto en fase líquida como gas. En caso de fuga puede recargarse el equipo sea cual sea la pérdida que haya tenido.

(2) Se debe cargar siempre en fase líquida. En caso de fuga, si es más del 30% de la carga, se debe recuperar lo que queda y realizar una carga nueva y completa.

(3) Aunque se puede cargar en fase gas, se recomienda hacerlo en fase líquida. En caso de fuga puede recargarse el equipo sea cuál sea la pérdida que haya tenido.

Entre los refrigerantes utilizados en aplicaciones industriales de refrigeración están:

a. Refrigerante R 134a

Gas puro no dañino para la capa de ozono, compatible con la mayor parte de materiales por su baja toxicidad, y no es inflamable.

Su uso en la industria está enfocado en aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración debido a que trabaja en un rango de temperatura media. Al ser un gas puro su eficiencia es superior a la de cualquier mezcla de refrigerantes. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

b. Refrigerante R 404A

Es una mezcla pseudo-azeotrópica cuya composición casi no varía durante los cambios de estado incluso en caso de fugas, sin embargo es necesario que la carga se realice en estado líquido, ya que la composición dentro de la botella de refrigerante cambia ligeramente entre el estado líquido y el gaseoso. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

Este refrigerante se caracteriza por:

- Está compuesto por una mezcla de 3 componentes R-125 (44%), R-134a (4%) y R143a (52%).
- Se utiliza con lubricantes sintéticos tipo poliéster.
- Refrigerante tipo HFC.
- Tiene un deslizamiento mínimo de temperatura (glide 0,5°C).
- Compatible con la mayor parte de materiales.
- Trabaja en media y baja temperatura.
- Tiene baja toxicidad.
- No es inflamable.

c. Refrigerante R 507

Es una mezcla azeotrópica que se comporta como un compuesto puro, esto es una gran ventaja en caso de fugas y a la hora de carga del refrigerante ya que se lo puede realizar en fase líquida o gaseosa.

Entre sus principales características están:

- Está formado por una mezcla de 2 componentes R-125 (50%) y R-143A (50%).
- Es compatible con lubricantes sintéticos tipo poliéster.
- Trabaja en media y baja temperatura.
- Refrigerante tipo HFC.
- Tiene toxicidad mínima.
- No es inflamable.

2.10. Agitador mecánico

El equipo consta de una paila de bronce donde se realiza la operación y del elemento de agitación propiamente dicho. La paila de bronce debe estar abierta en la parte superior mientras que el fondo del tanque suele ser redondeado, no plano, para eliminar las esquinas o espacios muertos y así evitar la acumulación de residuos a falta de circulación de las corrientes de fluido.

Los agitadores se dividen en dos grupos:

- Agitadores de flujo axial.
- Agitadores de flujo radial.

2.10.1. Agitadores de flujo axial

Generan corrientes paralelas al eje del agitador y se dividen en tres tipos:

a. Agitadores de hélice

Es un impulsor de flujo axial y alta velocidad que se utiliza para líquidos de baja viscosidad. Los agitadores de hélice más pequeños giran a 1150 o 1750 rpm, los de hélice más grande giran de 400 a 800 rpm. Este tipo de agitadores son eficaces en tanques muy grandes.

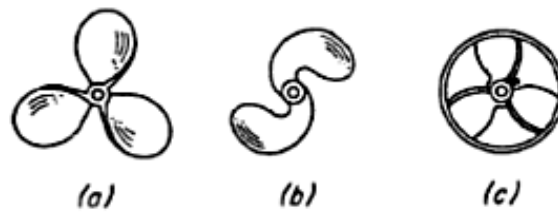


Figura No. 11. Agitadores de hélice (a) Normal de tres patas. (b) De cuchilla. (c) Protegida.

Fuente: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

b. Agitadores de paletas

Están formados por una paleta plana, que gira sobre un eje vertical, pudiendo estar en posición inclinada. Las paletas giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto al agitador. Dentro de este grupo se encuentran los agitadores tipo ancla, permiten evitar el depósito de sólidos sobre una superficie de transmisión de calor, generalmente trabajan conjuntamente con un agitador de paletas, que se mueve con velocidad elevada y que normalmente gira en sentido opuesto, los agitadores industriales de paletas giran a una velocidad comprendida entre 20 y 200 rpm. (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

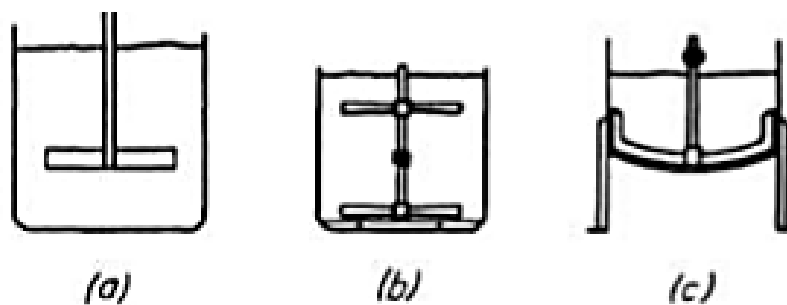


Figura No. 12. Agitadores de paletas: (a) Paletas planas (b) Paletas inclinadas (c) Agitador de ancla.

Fuente: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

c. Agitadores de turbina

Los agitadores de turbina giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque, las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El rodete puede ser abierto, semiabierto o cerrado. Los agitadores son eficaces para un amplio rango de viscosidades.

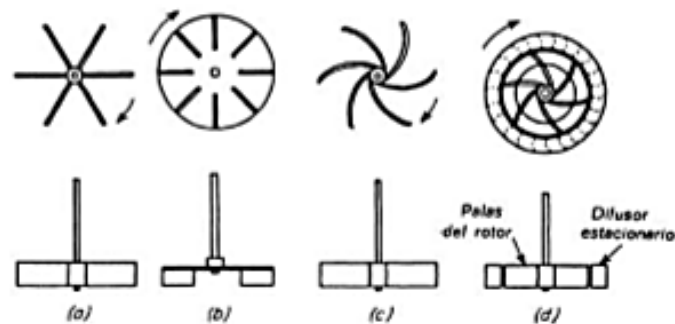


Figura No. 13. Agitadores de turbina: (a) Abierto de palas verticales. (b) De disco con álabes. (c) De paletas verticales curvas. (d) Cerrado de paletas curvas con un anillo difusor.

Fuente: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.10.2. Agitadores de flujo radial

Este tipo de agitadores dan origen a corrientes en dirección tangencial y radial.

2.10.3. Patrones de flujo

Durante el proceso de agitación la velocidad del líquido en cualquier punto tiene tres componentes, radial (actúa en dirección perpendicular al eje del impulsor), longitudinal (actúa en dirección paralela al eje) y tangencial (actúa en dirección tangente a la trayectoria circular alrededor del eje). Las componentes radiales y longitudinales proveen el flujo necesario para la acción de mezclado, mientras que el flujo tangencial genera vórtices en el líquido. La agitación de partículas sólidas presentes en el líquido tienden a concentrarse en el fondo del tanque debido a las fuerzas centrífugas. Por esta

razón es necesario prevenir los vórtices mediante los tres métodos que se detallan a continuación:

a. Desplazamiento del eje

En tanque de pequeño tamaño se mueve el impulsor alejado de la línea central del tanque, mientras que en tanques de mayor tamaño el agitador es instalado formando un cierto ángulo con el eje.

b. Instalación de deflectores

Son placas deflectoras verticales perpendiculares a la pared del tanque, se instalan de dos a cuatro placas dependiendo del tamaño del tanque.

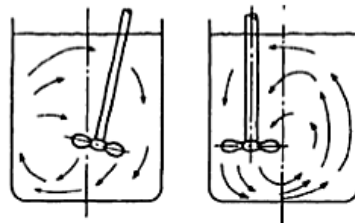


Figura No. 14. Patrón de flujo con agitador no centrado

Fuente: (Moreno Bungacho & Ortega Andrade, 2012)

2.11. Micro controladores

Un micro controlador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. (Wikipedia®, 2016)

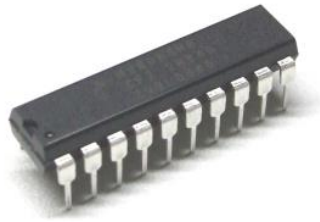


Figura No. 15. Micro Controlador Atmega 328p

Fuente: (Wikipedia®, 2016)

Características:

Los micro controladores están diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación.

Un micro controlador difiere de una unidad central de procesamiento normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de circuitos integrados externos de apoyo. (Wikipedia®, 2016)

El propósito fundamental de los micro controladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan. El carácter programable del micro controlador simplifica el diseño de circuitos electrónicos. Permiten modularidad y flexibilidad, ya que un mismo circuito se puede utilizar para que realice diferentes funciones con solo cambiar el programa del micro controlador.

Las aplicaciones de los micro controladores son vastas, se puede decir que solo están limitadas por la imaginación del usuario. Es común encontrar micro controladores en campos como la robótica y el automatismo, en la industria del entretenimiento, en las telecomunicaciones, en la instrumentación, en el hogar, en la industria automotriz, etc. (Estudio.com, s.f.)

2.12. Arduino

Se trata de una placa open hardware por lo que su diseño es de libre distribución y utilización, que incluso podemos construirnos nosotros mismos (En la Figura No.16 se observa el aspecto de la placa). (Pomares Baeza, 2009)

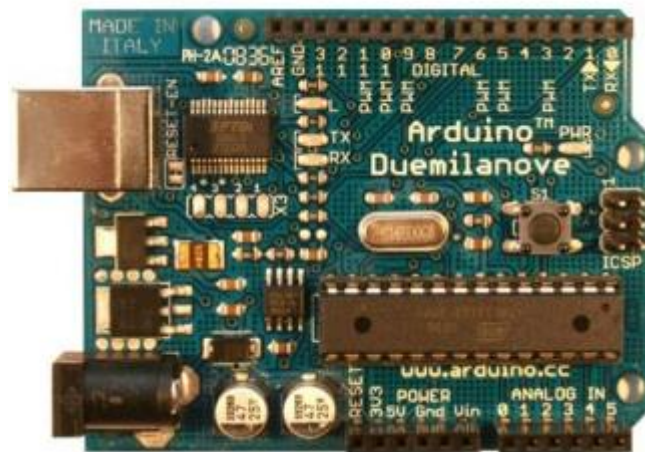


Figura No. 16. Aspecto de la placa Arduino Duemilanove.

Fuente: (Pomares Baeza, 2009)

El programa se implementará haciendo uso del entorno de programación propio de arduino y se transferirá empleando un cable USB. Si bien en el caso de la placa USB no es preciso utilizar una fuente de alimentación externa, ya que el propio cable USB la proporciona, para la realización de algunos de los experimentos prácticos sí que será necesario disponer de una fuente de alimentación externa ya que la alimentación proporcionada por el USB puede no ser suficiente. El voltaje de la fuente puede estar entre 6 y 25 Voltios. (Pomares Baeza, 2009)

2.12.1. Estructura básica

La estructura básica de programación de Arduino es bastante simple y divide la ejecución en dos partes: setup y loop. Setup() constituye la preparación del programa y loop() es la ejecución. En la función Setup() se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa. Esta función

se ejecuta una única vez y es empleada para configurar el pinMode (p. ej. si un determinado pin digital es de entrada o salida) e inicializar la comunicación serie. La función loop() incluye el código a ser ejecutado continuamente (leyendo las entradas de la placa, salidas, etc.). (Pomares Baeza, 2009)

2.13. Programas android

Android Studio es un nuevo entorno de desarrollo integrado para el sistema operativo Android lanzado por Google, diseñado para ofrecer nuevas herramientas para el desarrollo de aplicaciones y alternativa al entorno Eclipse, hasta ahora el IDE más utilizado. (uptodown.com, s.f.)



Figura No. 17. Programa Android Studio

Fuente: (Academia Android, 2014)

2.13.1. Ventajas de Android Studio

- Android Studio permite la creación de nuevos módulos dentro de un mismo proyecto, sin necesidad de estar cambiando de espacio de trabajo para el manejo de proyectos, algo habitual en Eclipse.

- Con la simple descarga de Android Studio se disponen de todas las herramientas necesarias para el desarrollo de aplicaciones para la plataforma Android.
- Facilita la distribución de código, y por lo tanto el trabajo en equipo.
- Reutilización de código y recursos.
- Mayor facilidad para la creación de diferentes versiones de la misma aplicación, que proporciona numerosas ventajas como puede ser la creación de una versión de pago y otra gratuita, o por ejemplo diferentes dispositivos o almacén de datos. (Academia Android, 2014)

2.13.2. Desventajas de Android Studio

Aunque ya se ha lanzado la primera versión estable, la v1.0, al estar en una fase inicial, siempre es susceptible de introducirse más cambios que puedan provocar inestabilidad entre proyectos de diferentes versiones. (Academia Android, 2014)

- Curva de aprendizaje más lenta para nuevos desarrolladores de Android.
- El sistema de construcción de proyectos Gradle puede resultar complicado inicialmente.
- En comparativa con Eclipse, menor número de plugins.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta un resumen completo de la metodología aplicada para realizar el diseño del sistema automático para elaborar helados de paila, considerando los materiales y componentes más apropiados para su construcción, con el objetivo de cumplir con los requerimientos funcionales, asépticos y de seguridad exigidos para su adecuado funcionamiento bajo condiciones críticas de operación.

El diseño inicial de la máquina de helados se basa en los requerimientos de la heladería los Pinos, en las técnicas aplicadas en el proceso de fabricación de helados de paila y en las características de máquinas semejantes disponibles en el mercado.

3.1. Parámetros de diseño

A continuación, se establecen los parámetros que influyen directamente tanto en el diseño térmico como en el diseño mecánico de la máquina automática para elaborar helados de paila:

- Capacidad de producción de la máquina de helados (V_{hel}) 8,0 lt/hr
- Temperatura media del ambiente (T_0) 15,0 °C
- Temperatura inicial de la mezcla líquida de helado (T_0) 15,0 °C
- Temperatura más baja de enfriamiento del helado (T) -6,5 °C
- Máxima velocidad de giro del agitador (N_A) 150 rpm
- Factor de seguridad mínimo recomendado 2,0

3.2. Dimensionamiento de la cámara de enfriamiento

En el interior de la cámara de enfriamiento se produce la suficiente disminución de la temperatura ambiente con el fin de transmitir dicho frío a la paila de bronce y permitir la elaboración de los helados de paila. Por lo tanto, el principal elemento que determina las dimensiones de la cámara de enfriamiento, es el tamaño de la paila de bronce y el tamaño de ésta depende de la capacidad de la máquina.

Como se muestra en la Figura No.18, en base a los parámetros anteriores, se determina que la cámara de enfriamiento debe tener las siguientes dimensiones externas:

- Largo: 490 mm
- Ancho: 490 mm
- Altura: 175 mm

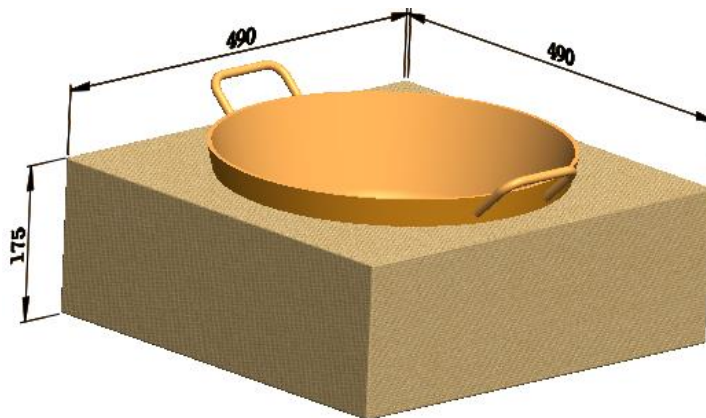


Figura No. 18. Dimensiones de la cámara de enfriamiento

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

La fabricación de los helados de paila, requiere que se alcancen bajas temperaturas en el interior la cámara de enfriamiento, mientras que el exterior se mantiene a la temperatura ambiente, por lo que, es necesario cubrir las paredes de la cámara con material aislante que garanticen que en el interior

se mantenga las bajas temperaturas sin transmitirse al exterior, con el consecuente aumento en el consumo de energía.

Además, es imprescindible proteger al material aislante de los efectos perjudiciales del medio ambiente y de cargas o impactos externos, por lo tanto, se requiere un material para el recubrimiento de las paredes aisladas.

Las paredes de la cámara de enfriamiento estarán constituidas por los siguientes materiales:

- **Material aislante:** Para las paredes de la cámara fría se empleará lana de vidrio de alta densidad de 12,5 mm de espesor (0,5 plg).
- **Revestimiento:** Como material para el recubrimiento se utilizará chapa metálica de acero de 1,0 mm de espesor, con el fin de proteger el material aislante.

3.3. Diseño térmico de la máquina de helados

Para analizar el comportamiento térmico de la máquina para helados y de los materiales a utilizar en su fabricación, bajo condiciones extremas de funcionamiento, se realizaron varios cálculos iterativos con la ayuda de Microsoft Excel, hasta llegar al diseño óptimo de la misma.

Mediante los resultados obtenidos en el diseño y selección del sistema de refrigeración (Anexo A), se dedujo que la potencia total térmica requerida de la unidad condensadora a utilizar en la máquina automática de helados de paila es de 0,5 Hp.

Tabla No. 3.

Potencia necesaria para enfriar los helados

POTENCIA NECESARIA PARA ENFRIAR LOS HELADOS	
La densidad del helado a -6,5 °c	$\rho_{hel} = 1085,73 \text{ kg/m}^3$
El calor específico del helado	$c_{p_{hel}} = 2,505 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$
El flujo másico de helado a enfriar	$\dot{m}_{hel} = 0,00242 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
La potencia requerida para enfriar la mezcla de helado	$Q_{enf} = 0,1303 \text{ kW} = 130,3 \text{ W}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 4.

Potencia consumida en el cambio de fase

POTENCIA CONSUMIDA EN EL CAMBIO DE FASE	
El porcentaje de agua congelada presente en la mezcla	$\dot{m}_{ice} = 7,576 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
Energía consumida por el cambio de fase	$Q_{c-f} = 0,1515 \text{ kW} = 151,5 \text{ W}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 5.

Coeficiente de transferencia de calor por convección

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN	
El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales exteriores de la cámara fría	$h_{\infty o-v} = 2,78 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales exteriores de la cámara	$h_{\infty o-h} = 3,09 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales interiores de la cámara	$h_{\infty i-v} = 2,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales interiores de la cámara	$h_{\infty i-h} = 3,19 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 6.

Cálculo del calor ganado por las paredes

CÁLCULO DEL CALOR GANADO POR LAS PAREDES	
Ganancia de calor a través de las paredes verticales de la cámara	$\dot{Q}_{L1} = 1,93 \text{ W}$
Ganancia de calor a través de las paredes horizontales de la cámara	$\dot{Q}_{L2} = 5,76 \text{ W}$
La ganancia de calor total	$\dot{Q}_{LT} = 19,24 \text{ W}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 7.

Cálculo de la potencia térmica total requerida

CÁLCULO DE LA POTENCIA TÉRMICA TOTAL REQUERIDA	
La energía térmica total	$Q_T = 301,05 W$
La potencia total requerida en la unidad condensadora	$P_T = 376,1 W \rightarrow 0,5 HP$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.4. Diseño mecánico de la máquina

El diseño mecánico de la máquina para helados, comprende el análisis de los esfuerzos y la selección de los principales componentes del sistema de agitación de la mezcla de helado, el mismo que, como se muestra en la Figura No.19, está formado por los siguientes elementos:

1. Moto-reductor del sistema de agitación de la mezcla
2. Paleta tipo ancla del agitador
3. Eje del sistema de agitación de la mezcla
4. Palanca para elevación y descenso del sistema de agitación
5. Resortes para elevación del sistema de agitación
6. Estructura soporte de la máquina para helados

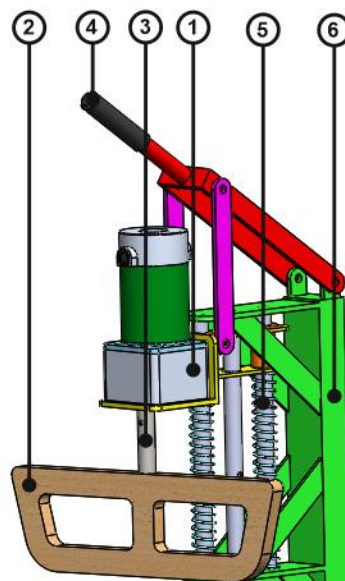


Figura No. 19. Sistema de sistema de agitación de la mezcla de helado

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Mediante los resultados obtenidos en el diseño mecánico de la máquina se obtuvo los siguientes resultados (Anexo B).

Tabla No. 8.

Selección del moto-reductor del sistema de agitación

SELECCIÓN DEL MOTO-REDUCTOR DEL SISTEMA DE AGITACIÓN	
Número de Reynolds	$N_{Re} = 569,48$
Diámetro medio de la paleta del agitador	$D_a = 0,365 \text{ m}$
La potencia requerida en el agitador	$P_A = 197,82 \text{ W} \approx 200 \text{ W}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 9.

Cálculo del torque y la fuerza de agitación

CÁLCULO DEL TORQUE Y LA FUERZA DE AGITACIÓN	
Torque de agitación	$T_A = 12,73 \text{ Nm}$
Fuerza de agitación	$F_A = 69,77 \text{ N}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 10.

Diseño del eje del agitador

DISEÑO DEL EJE AGITADOR	
El momento máximo	$M_A = 9,77 \text{ Nm}$
Diámetro mínimo requerido en el eje del agitador	$\emptyset_{eje} = 0,0122 \text{ m} = 12,20 \text{ mm}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 11.

Selección del resorte de elevación

SELECCIÓN DEL RESORTE DE ELEVACIÓN	
La fuerza que debe ejercer el resorte	$F_R = W_A = 65,6 \text{ N}$
El desplazamiento total del resorte	$\Delta y = 185 \text{ mm} = 0,185 \text{ m}$
Constante (k_R)	$k_R = 354,6 \text{ N/m} \approx 355 \text{ N/m}$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 12.

Diseño de la palanca de elevación y descenso

DISEÑO DE LA PALANCA DE ELEVACIÓN Y DESCENSO	
La fuerza máxima que se debe aplicar en el extremo de la palanca	$F_D = 47,57 N$

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.4.1. Diseño de la estructura soporte

Esta estructura soporta todos los elementos constitutivos de la máquina para helados como: sistema de refrigeración, sistema de agitación, sistema de control y potencia, pila de bronce, etc., por lo tanto, debe ser lo suficientemente rígida para soportar el peso de estos componentes y de las cargas que se generan durante la operación de la máquina.

El análisis de esfuerzos de la estructura soporte se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks, Anexo C).

3.5. Diagrama del sistema eléctrico de potencia

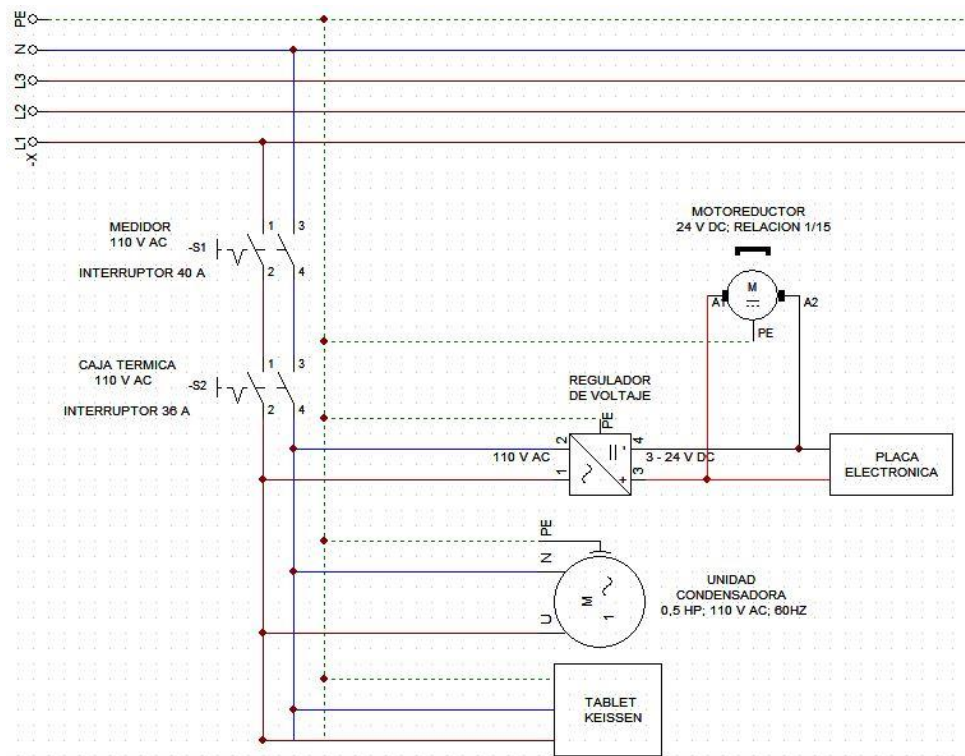


Figura No. 20. Diagrama del sistema eléctrico de potencia

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.6. Diseño del software

El software se divide en dos partes, la primera es el desarrollo del programa para el micro controlador ATMEGA 328P, que se realizó en el IDE ARDUINO y el siguiente es el diseño del HMI que se realizó en el IDE ANDROID STUDIO y se ejecuta sobre una tablet KAISSEN. (Android Estudio, s.f.)

En el micro controlador se programaron las subrutinas, tiempos, activación y desactivación de los periféricos que conforman el sistema; mientras que en la tablet se colocaron los botones, luces indicadoras y se despliega el tiempo de funcionamiento.

La comunicación entre el micro controlador y la tablet se establece mediante la protocolo SERIAL TTL 232 y comparten las siguientes variables. (Future Technology Devices International Limited, 2010)

Tabla No. 13.

Variables que envía el micro controlador a la tablet

MICRO CONTROLADOR	Descripción
T	Es el tiempo que se despliega en el HMI
C	Indica que el sistema de enfriamiento está prendido (verde)
c	Indica que el sistema de enfriamiento está apagado (rojo)
M	Indica que el motor está prendido (verde)
A	Indica que el motor está parado (amarillo)
m	Indica que el motor está apagado (rojo)

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 14.

Variables que envía la Tablet al micro controlador

TABLET	Descripción
T	Coloca el tiempo de funcionamiento del sistema
C	Enciende el sistema de refrigeración
c	Apaga el sistema de refrigeración
S	Apaga la alarma de fin de proceso
v	Coloca en velocidad baja el motor
V	Coloca en velocidad media el motor
W	Coloca en velocidad alta el motor
M	Enciende el motor
A	Para el motor
m	Apaga el motor
I	Solicita el estado del sistema de refrigeración y el motor

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.6.1. Programa del micro controlador ATMEGA 328P

Para el desarrollo del programa se parte de un diagrama de flujo que expone todo el proceso a seguir, para un adecuado funcionamiento del sistema.

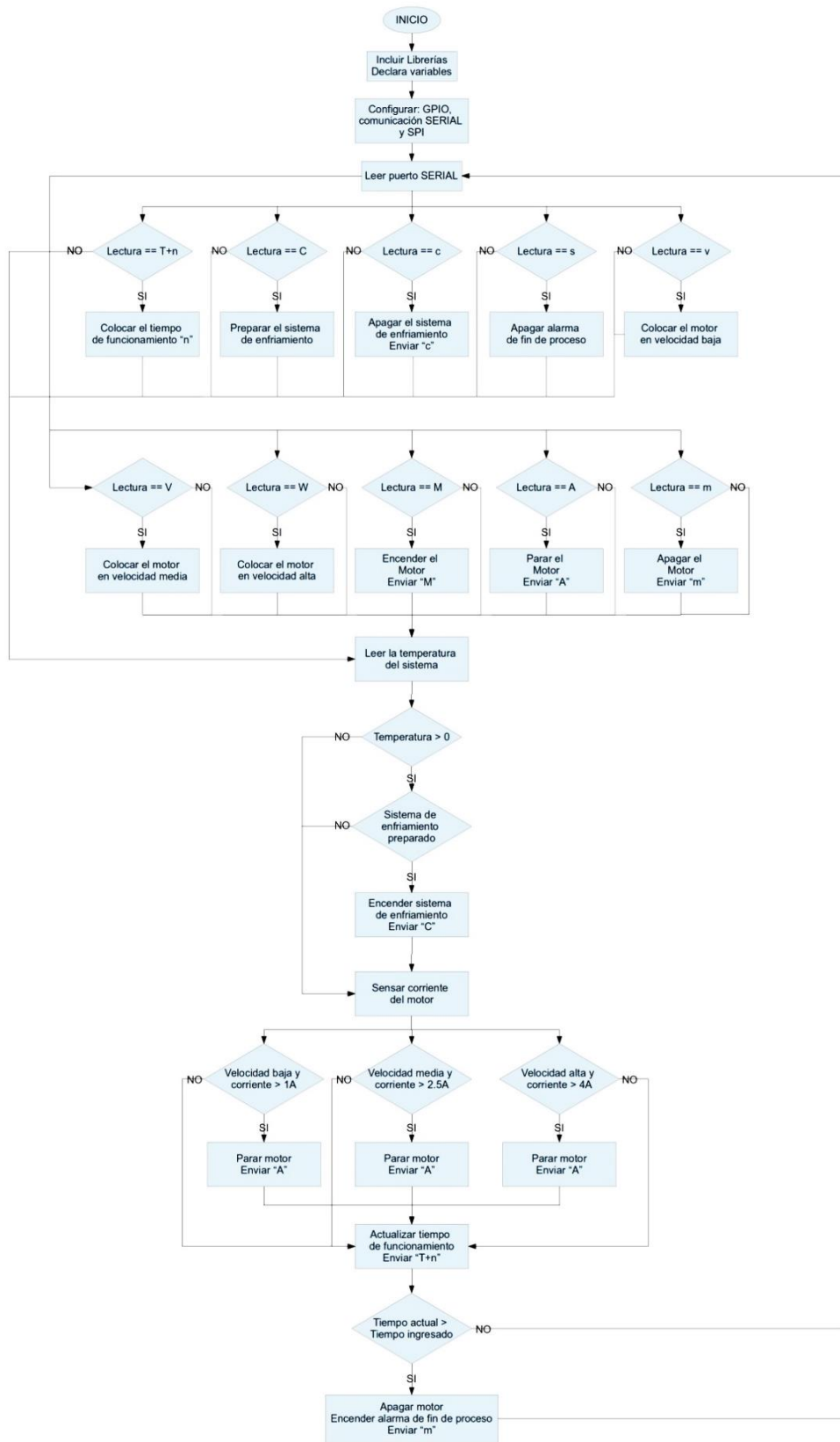


Figura No. 21. Diagrama de flujo del programa del micro controlador
Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Para poder llevar el diagrama de flujo al lenguaje de máquina se utilizó el IDE ARDUINO, que es una plataforma gratuita para la programación de ciertos micro controladores, en este caso el ATMEGA328P (Anexo D). (Pomares Baeza, 2009)

3.6.2. Programa de la Tablet Keissen

Para el desarrollo del programa se parte de un diagrama de flujo que muestra el manejo de botones e indicadores.

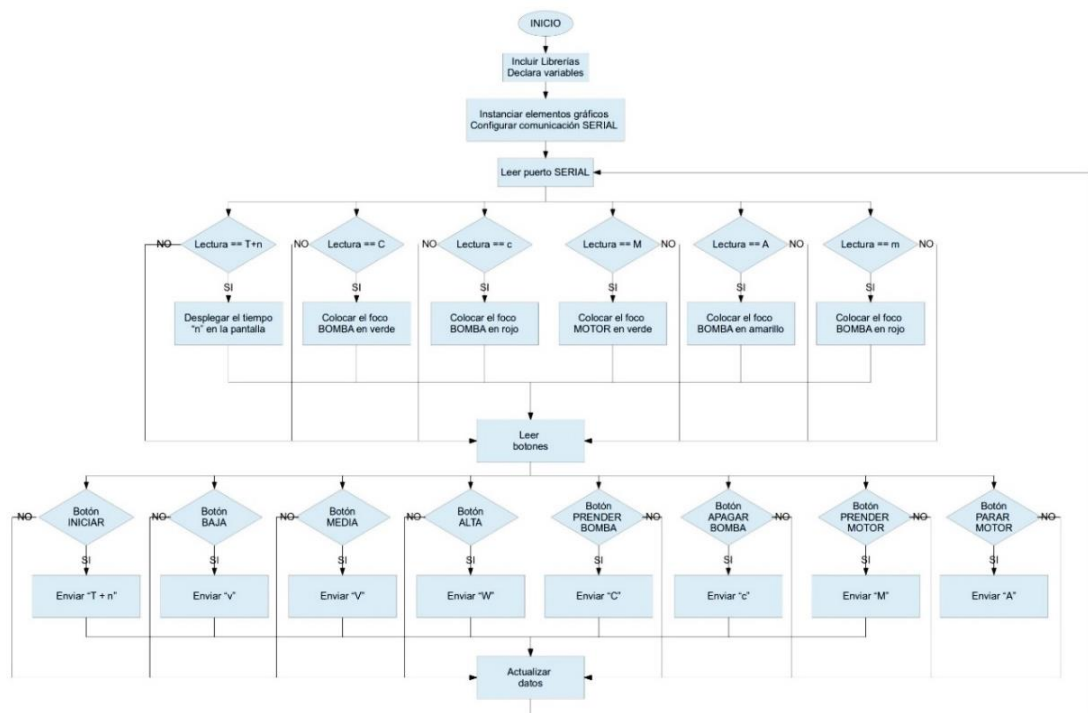


Figura No. 22. Diagrama de flujo del programa de la Tablet

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Para el desarrollo del HMI se utilizó el IDE ANDROID STUDIO que es una plataforma gratuita para la programación de aplicaciones android (Anexo E). (Android Estudio, s.f.)

Las aplicaciones android se dividen en dos partes, la primera, es la parte gráfica, en la que se colocan todos los elementos que interacción con el usuario, esta parte se la realiza en código plano

XML, pero ANDROID STUDIO ofrece una forma gráfica de hacerlo; mientras que en la segunda es donde se programan las acciones que va a realizar cada elemento de la parte gráfica, mediante lenguaje JAVA. (KTH Vetenskap Och Konst)

El HMI consta de 9 controles y 3 indicadores, que se describen a continuación:

Tabla No. 15.

Controles del HMI

Control	Descripción
INICIAR	Envía la orden para que inicie el proceso
BAJA	Coloca al motor en velocidad baja
MEDIA	Coloca al motor en velocidad media
ALTA	Coloca al motor en velocidad alta
PRENDER MOTOR	Enciende el motor
PARAR MOTOR	Para el motor
PRENDER BOMBA	Prepara el sistema de refrigeración
PARAR BOMBA	Para el sistema de refrigeración
PARA ALARMA	Para la alarma de fin de proceso

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 16.

Indicadores del HMI

Indicador	Descripción
MOTOR	Indica el estado del motor: rojo - apagado, amarillo – parado y verde - encendido
BOMBA	Indica el estado del sistema de refrigeración: rojo – apagado, verde - encendido
Tiempo	Indica el tiempo restante en minutos y segundos

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7. Descripción de la placa de control

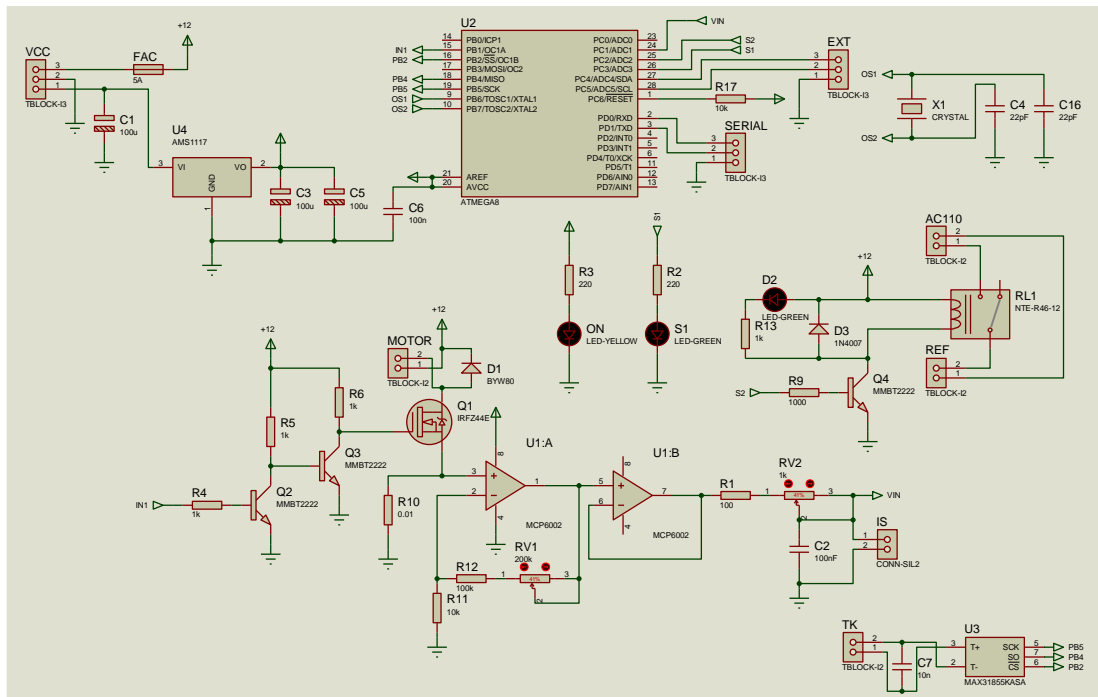


Figura No. 23. Placa de control

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Etapas:

- Circuito de regulación de voltaje
- Circuito de control
- Circuito de potencia para el motor
- Circuito de sensado de corriente en el motor
- Circuito de sensado de temperatura
- Circuito de activación del relé
- Circuito de indicadores

3.7.1. Circuito de regulación de voltaje

En esta etapa se toma el voltaje de entrada VCC que tiene: +12V, GND y +5V; el voltaje de +12V se utilizará para alimentación y disparo del circuito de

potencia, que controla el motor. En esta etapa se colocó un fusible FAC para evitar daños por sobrecorrientes.

El voltaje de +5V se regula a +3.3V para alimentación de la parte digital de la tarjeta. Adicionalmente se colocaron capacitores de filtrado tanto a la entrada como a la salida del regulador voltaje.

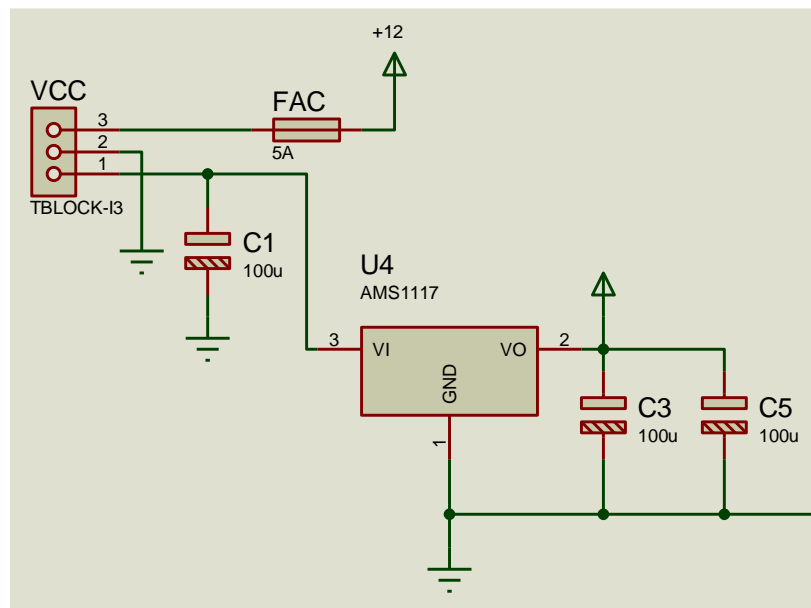


Figura No. 24. Circuito de regulación de voltaje

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7.2. Circuito de control

El circuito de control se basa en el micro controlador ATMEGA328P, el que se encarga de gestionar todos los actuadores y sensores de la tarjeta. (Atmel, 2015)

Elementos de interconexión:

- **IN1:** señal que activa y desactiva la circulación de corriente en el motor.
- **PB2:** señal CHIP SELECT, se coloca en bajo para extraer información del MAX31855KASA.

- **PB4:** señal MISO, es el canal a través del que se recibe la información del MAX31855KASA.
- **PB5:** señal SCK, determina la velocidad de transmisión entre el ATMEGA328P y el MAX31855KASA.
- **OS1:** primera entrada de oscilación, se coloca un extremo del cristal de 16MHz.
- **OS2:** segunda entrada de oscilación, se coloca el otro extremo del cristal de 16MHz.
- **VIN:** entrada analógica, por la que se sensa la corriente del motor.
- **S2:** señal que activa el relé para encender y apagar la etapa de refrigeración.
- **S1:** señal que enciende el LED verde, que indica fin del proceso.
- **EXT:** puerto en el que se coloca el BUZZER, que indica fin del proceso.
- **SERIAL:** puerto en el que coloca la comunicación serial, para intercambio de información entre el ATMEGA328P y el HMI.

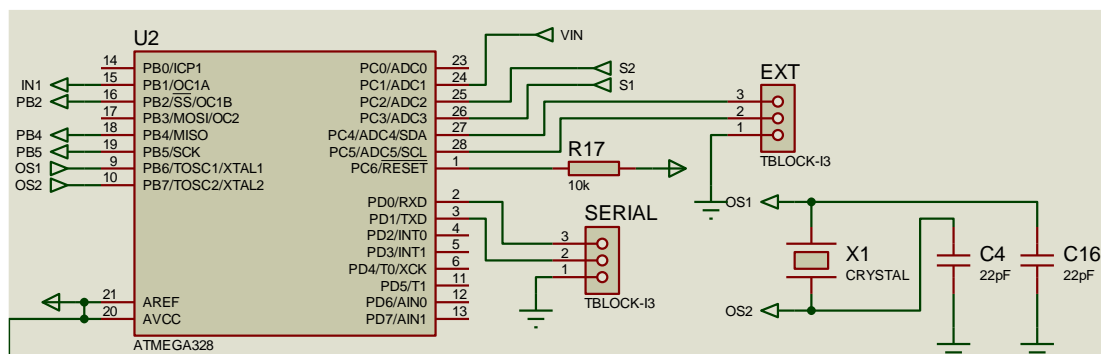


Figura No. 25. Circuito de control

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7.3. Circuito de potencia para el motor

La etapa de potencia para el control motor, se la realizó a través de PWM, lo que permite variar su velocidad.

Debido a que la señal IN1 tiene niveles de voltaje de +3.3V y 0V, se colocó una etapa de conversión, para adecuar la activación del MOSFET, que debe ser con valores superiores a +10V. Esta etapa la conforman las resistencias R4, R5 y R6 junto con los transistores Q2 y Q3 [3], de esta manera cuando la señal IN1 tiene un nivel de +3.3V, la activación del MOSFET se hace con +12V.

El MOSFET Q1 es el elemento de potencia, que permite o interrumpe la circulación de corriente a través del motor. (quegrande.org, s.f.)

El diodo D1 es el elemento de potencia, a través del que se descargan las corrientes inversas presentes en el motor tras su activación.

La bornera MOTOR es donde se colocan los terminales del motor.

La resistencia R10 es la que permite sensar la corriente del motor, debido a que el voltaje presente en esta, es directamente proporcional a la corriente. Para minimizar pérdidas de potencia esta resistencia debe tener un valor bajo, en este caso es de 10mΩ.

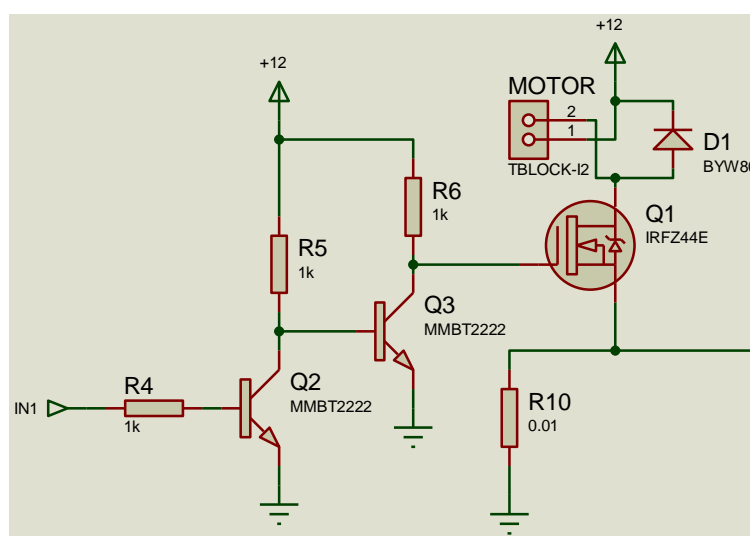


Figura No. 26. Circuito de potencia para el motor

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7.4. Circuito de sensado de corriente en el motor

El voltaje presente en la resistencia R10 es bajo, en el orden de los mV, por lo que se amplifica de 10 a 30 veces, de esto se encargan el OPAM U1:A, R11, R12 y RV1.

Una vez amplificada la señal se realiza un seguidor de voltaje y un filtro pasabajo, ya que la señal de voltaje es una onda cuadrada y lo que se necesita es el valor medio.

El seguidor está formado por el OPAM U1:A, y el filtro pasabajo por R1, RV2 y C2.

Una vez acondicionada la señal se envía al micro a través de la señal VIN.

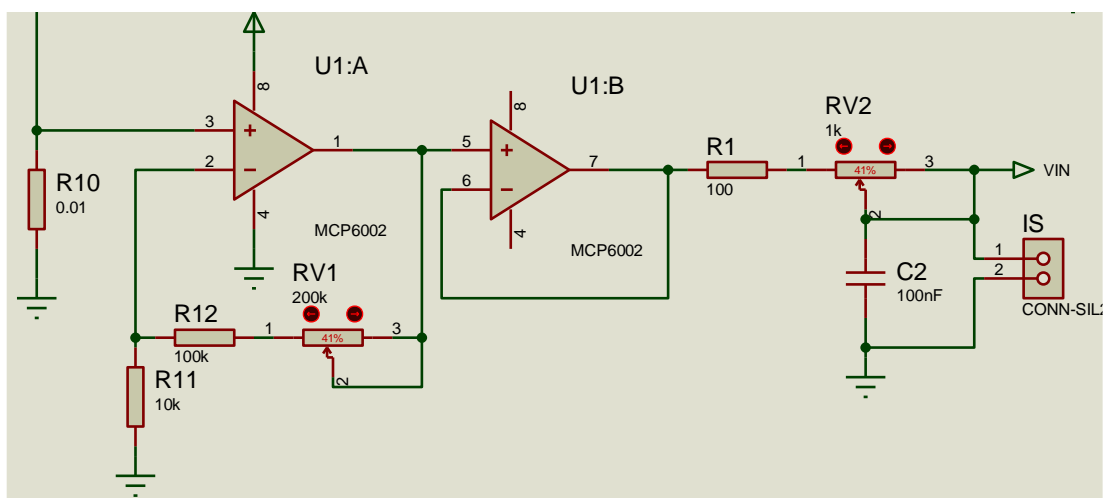


Figura No. 27. Circuito de sensado de corriente en el motor
Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7.5. Circuito de sensado de temperatura

El sensado de temperatura se realiza a través del circuito integrado MAX31855KASA, que es un transductor para termocuplas tipo K y de comunicación digital SPI.

Los terminales de la termocupla tipo K se colocan en la bornera TK y se filtra con C7. Los datos de temperatura son enviados al ATMEGA328P a través de la señal PB4 y la comunicación está definida por las señales PB5 y PB2. (Maxim Integrated, 2015)

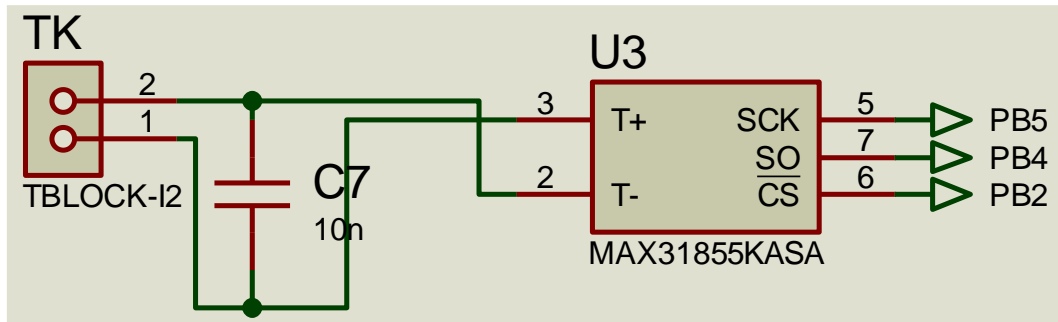


Figura No. 28. Circuito de sensado de temperatura

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7.6. Circuito de activación de relé

La señal de activación S2, produce la conexión y desconexión del relé para encendido y apagado de la etapa de refrigeración.

Cuando la señal S2 tiene un valor +3.3V produce una corriente de base en Q1 limitada por R9, provocando que la bobina del relé se excite con +12V y conmuten sus terminales.

El diodo D3 elimina corrientes reversas de la bobina del relé. El diodo D2 y la resistencia R13 forman el indicador del estado del relé.

La bornera AC110 es donde se coloca los 110VAC de la red para alimentar la etapa de refrigeración. La bornera REF es donde se coloca los cables de alimentación de la etapa de refrigeración.

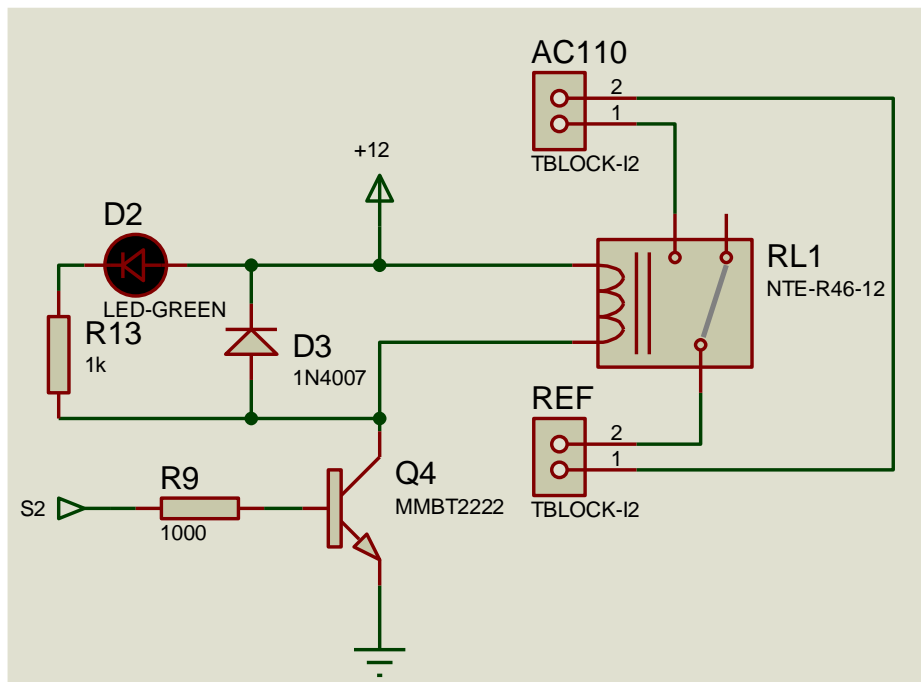


Figura No. 29. Circuito de activación de relé
Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.7.7. Circuito de indicadores

Los indicadores se utilizan para verificar la alimentación general de la tarjeta y la finalización del proceso.

El diodo ON y la resistencia R3 se encienden cuando la tarjeta esta energizada.

El diodo S1 y la resistencia R2 se encienden cuando el proceso de fabricación de los helados haya concluido.

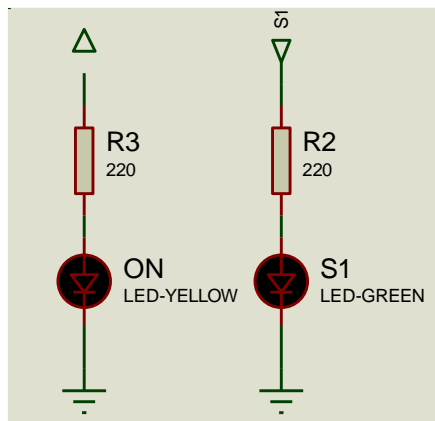


Figura No. 30. Circuito de indicadores

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.8. Circuito impreso de la placa de control

Después de concluir el diseño esquemático de la placa de control, se realiza el circuito impreso de la misma, en el software ARES de PROTEUS.

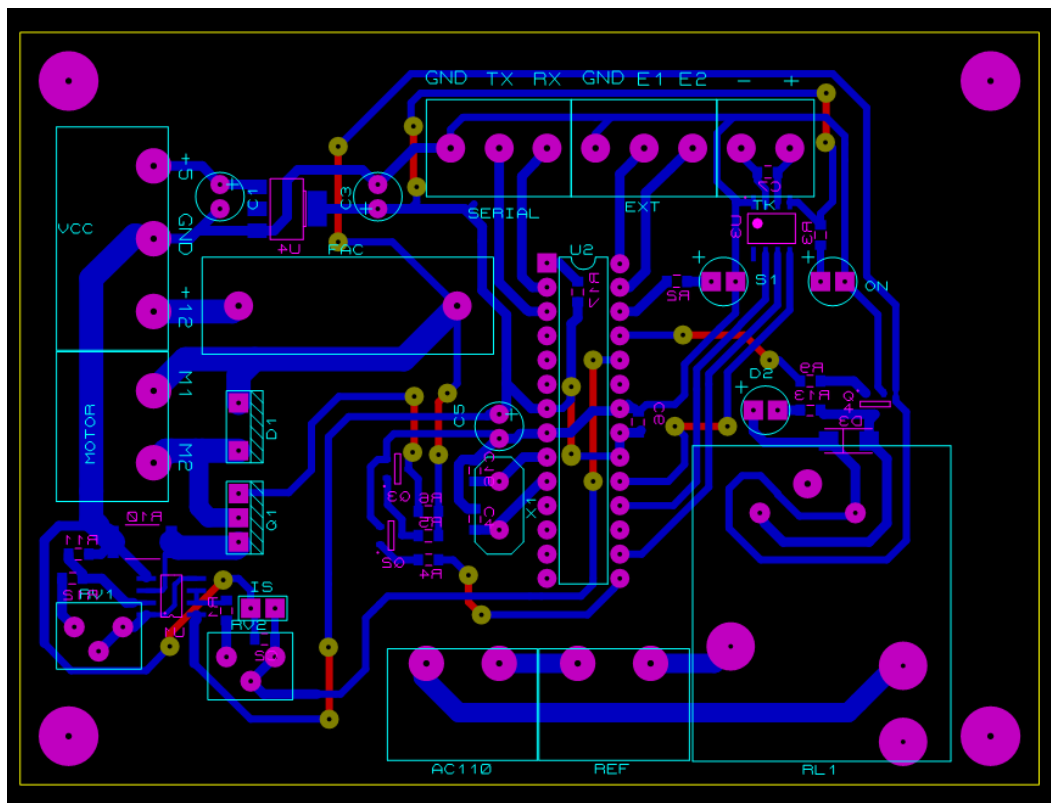


Figura No. 31. Circuito impreso de la placa de control

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

3.8.1. Vista 3D de la placa de control

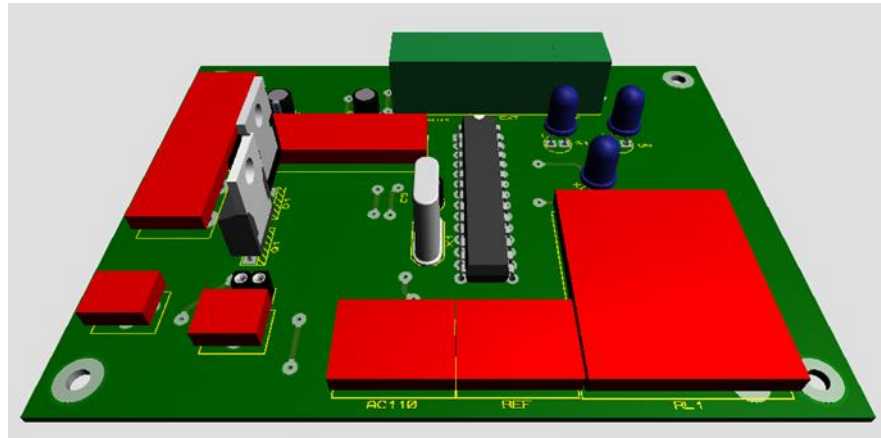


Figura No. 32. Parte superior de la placa de control

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

En las Figuras No.32 y 33 se puede observar la placa de control en su proceso final.

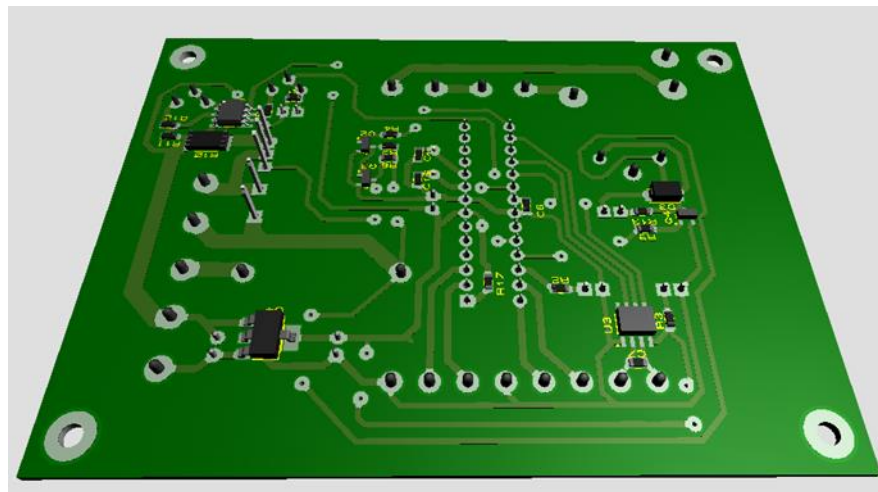


Figura No. 33. Parte inferior de la placa de control

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

En este capítulo se detalla el proceso de preparación, armado y montaje de cada uno de los elementos que conforman la máquina.

4.1. Montaje de la estructura metálica soporte

La estructura metálica es la encargada de soportar los equipos y componentes de la máquina, en ésta se colocaron los siguientes elementos:

- Los elementos del sistema de refrigeración: unidad condensadora, paila de bronce, tuberías, uniones, válvulas, tubo capilar, serpentín del evaporador, 1 litro de poliuretano y refrigerante 404.
- Sistema de transmisión de movimiento, moto reductor, ejes de acero, bocines, bocines de bronce, paleta de madera, resortes, pernos de acero inoxidable.
- El sistema eléctrico y electrónico: placa de control electrónico, regulador de voltaje, cortapicos de 4 canales, Tablet, termocupla tipo k.
- Carcasa de la máquina, planchas de acero inoxidable, mallas de acero inoxidable.

Una vez adquirida la materia prima se procedió a realizar el siguiente proceso:

- Medición y corte de los ángulos.
- Medición y corte de las platinas.
- Medición y corte de las planchas de acero inoxidable.
- Soldadura de los ángulos y platinas.

Luego del corte y soldadura de las partes de la estructura se procede con el acabado superficial de la misma:

- Lijado
- Pulido
- Acabados finales



Figura No. 34. Estructura metálica.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

4.2. Montaje del sistema de refrigeración

- El montaje del sistema de refrigeración se realizó mediante el siguiente proceso:
- Montar la unidad condensadora
- Medición de las tuberías
- Conexión de tuberías y accesorios
- Conexión del serpentín del evaporador
- Aislamiento de las tuberías por inyección del poliuretano
- Calibración de válvulas
- Colocación de válvulas y filtros
- Instalación de conexiones eléctricas
- Carga del refrigerante
- Colocación de la paila de bronce



Figura No. 35. Fabricación del serpentín del evaporador.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Para fabricar el evaporador, se tuvo que moldear el tubo de cobre de acuerdo al recipiente a ser utilizado ya que de esta manera se genera una mejor transferencia de calor.



Figura No. 36. Unidad condensadora en funcionamiento.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Una vez conectados todos los elementos a la unidad condensadora encendimos la misma para comprobar su funcionamiento y percatarnos si no existen fugas en el sistema.



Figura No. 37. Estructura metálica y el sistema de refrigeración.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

4.3. Montaje del sistema de transmisión de movimiento

El sistema de transmisión de movimiento se monta en la estructura soporte:

- Medición y corte de ejes
- Medición y fabricación de bocines
- Medición y fabricación de los resortes
- Medición de la plancha de acero inoxidable
- Medición y corte de las planchas
- Soldadura entre las partes
- Montaje de motoreductor
- Montaje de la palanca de elevación y descenso.
- Acabado final



Figura No. 38. Medición y corte de los ejes.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

La medición y corte de los ejes debían ser exactos ya que a través de ellos se transmite el movimiento del motor hacia la paleta.



Figura No. 39. Ensamble de la palanca de elevación y descenso.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Al momento de ensamblar la palanca mecánica se tiene que nivelar de forma correcta los ejes ya que una pequeña desviación podría afectar el correcto funcionamiento de la misma.



Figura No. 40. Fijación del eje en la paleta.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

El eje de acero inoxidable tiene que ser fijado de forma cuidadosa y perpendicular a la paleta ya que esta podría agrietarse.



Figura No. 41. Fabricación de resortes.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Para la fabricación del resorte se tuvo que realizar algunas pruebas ya que la compresión del mismo tenía que ser en forma suave para no dificultar el uso de la palanca mecánica.



Figura No. 42. Ensamble total de la palanca de elevación y descenso.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

4.4. Montaje del sistema electrónico

El sistema electrónico se monta en la estructura soporte y se realizó de la siguiente manera:

- Construcción de placa de elementos.
- Colocación de elementos electrónicos en la placa.
- Conexión de la termocupla tipo K en la placa.
- Conexión de la Tablet y los distintos dispositivos a la placa de control electrónica.

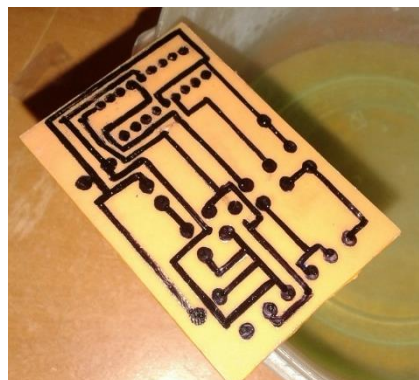


Figura No. 43. Construcción de la placa de elementos

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

La construcción de la placa requiere una especial habilidad en el diseño para situar los componentes y las interconexiones en forma correcta.

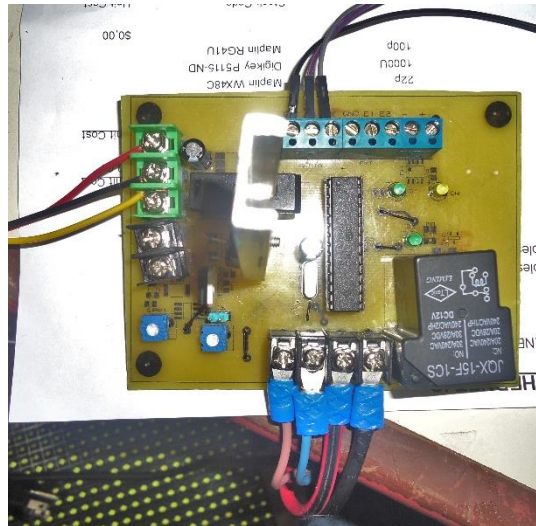


Figura No. 44. Conexión de la Tablet y los distintos dispositivos a la placa de control electrónica.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

En el momento de la conexión de los dispositivos se debe tomar muy en cuenta la polaridad de los mismos, ya que una mala conexión podría quemar algún dispositivo electrónico.

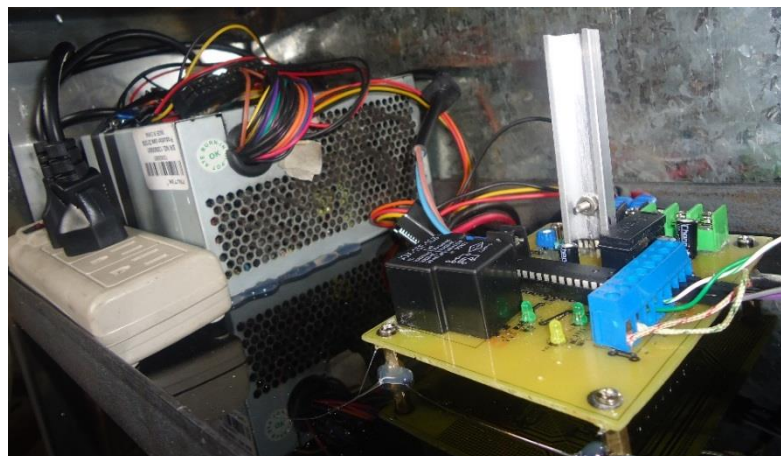


Figura No. 45. Montaje del sistema eléctrico y electrónico

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

4.5. Montaje del sistema eléctrico.

- La conexión del sistema eléctrico se realizó de la siguiente manera:
- Colocación y ajuste del cortapicos
- Colocación y conexión del regulador de voltaje
- Colocación y conexión de la Tablet
- Conexión de los dispositivos al cortapicos.

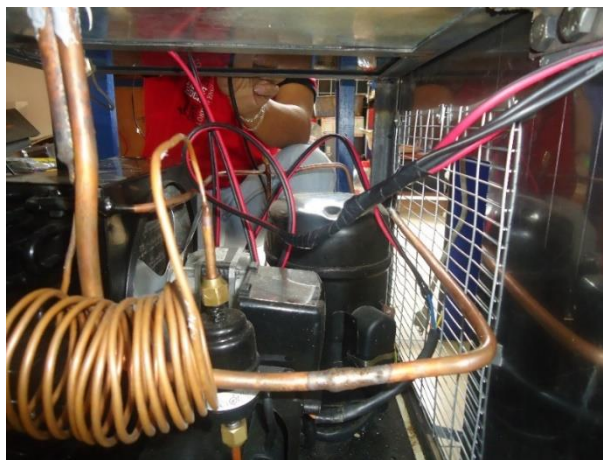


Figura No. 46. Cableado y conexión de dispositivos

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

El cableado de los distintos dispositivos se debe realizar en forma eficaz y ordenada.



Figura No. 47. Conexión de dispositivos al cortapicos

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

4.6. Montaje de la carcasa de la máquina.

Finalmente luego de construir el bastidor y montar los componentes de la máquina se coloca la cubierta de la siguiente manera:

- Medir y cortar las planchas de acero inoxidable
- Perforar las planchas
- Remachar las planchas de acero inoxidable
- Empernar la cubierta de la máquina
- Acabado final



Figura No. 48. Montaje y funcionamiento final de la máquina.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. Análisis de resultados de las encuestas realizadas a los clientes más frecuentes de la Heladería Los Pinos

Datos:

Clientes o Población → N = 70 personas.

Nivel de confianza → 95% ; z = 1,96; p = 0,5; q = 0,5

Error del 5% → e = 0,05

Calcular la muestra:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * N + z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 70}{0,05^2 * 70 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{67,23}{1,13}$$

n = 59 → (personas encuestadas)

Tabla No. 17.

Datos de las personas encuestadas (Excel):

PERSONAS ENCUESTADAS	A	B
	HELADOS DE PAILA ELABORADOS MANUALMENTE	HELADOS DE PAILA ELABORADOS EN MÁQUINA
1	9	9
2	8	9
3	9	9
4	9	10
5	8	10
6	7	10

CONTINÚA →

7	7	10
8	8	10
9	7	8
10	8	8
11	9	8
12	7	8
13	9	9
14	10	10
15	8	9
16	9	9
17	7	9
18	8	9
19	9	8
20	9	8
21	9	8
22	9	10
23	9	10
24	10	10
25	10	10
26	10	10
27	8	10
28	9	10
29	8	9
30	8	9
31	8	9
32	8	9
33	9	9
34	9	8
35	8	8
36	8	8
37	8	8
38	8	8
39	8	8
40	8	8
41	9	8
42	9	8
43	9	8
44	10	9
45	10	10
46	8	9
47	8	9
48	8	9
49	8	9
50	8	9
51	8	9
52	8	9
53	8	9
54	8	9
55	9	9
56	9	9
57	8	9
58	8	9
59	8	10

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

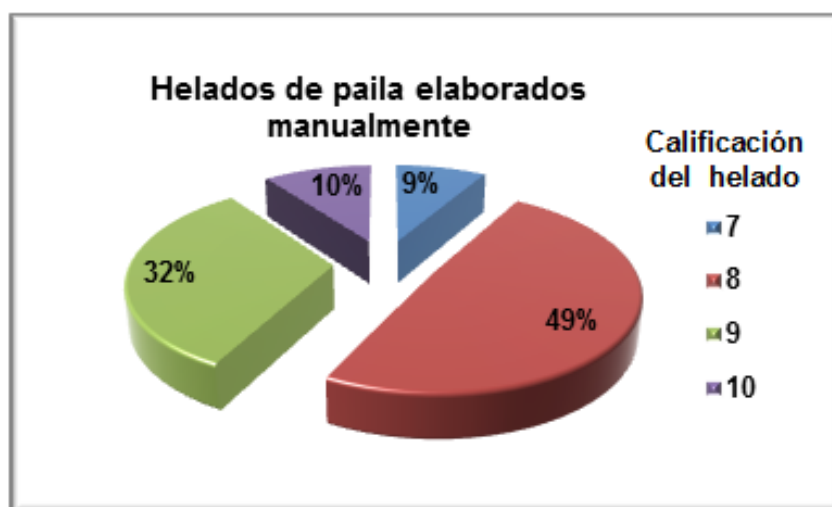


Figura No. 49. Grafica de porcentajes de los helados elaborados manualmente (Excel)

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

En las Figuras No.49 y 50 se puede observar la diferencia de porcentajes que existe entre los helados elaborados manualmente y en máquina

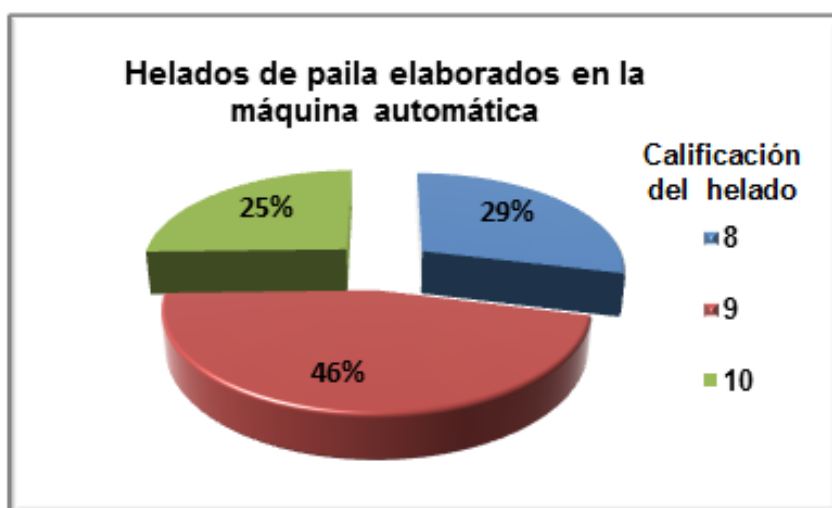


Figura No. 50. Grafica de porcentajes de los helados elaborados en la máquina (Excel)

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Calcular la media y mediana:

HELADOS DE PAILA ELABORADOS MANUALMENTE

$$x = \frac{\sum XA}{\#personas}$$

$$x = \frac{498}{59}$$

$$x = 8,44 \rightarrow \text{media}$$

$$Me = 8 \rightarrow \text{mediana}$$

HELADOS DE PAILA ELABORADOS EN MÁQUINA

$$x = \frac{\sum XB}{\#personas}$$

$$x = \frac{529}{59}$$

$$x = 8,96 \rightarrow \text{media}$$

$$Me = 9 \rightarrow \text{mediana}$$

5.1.1. Resultados obtenidos mediante el programa Geogebra

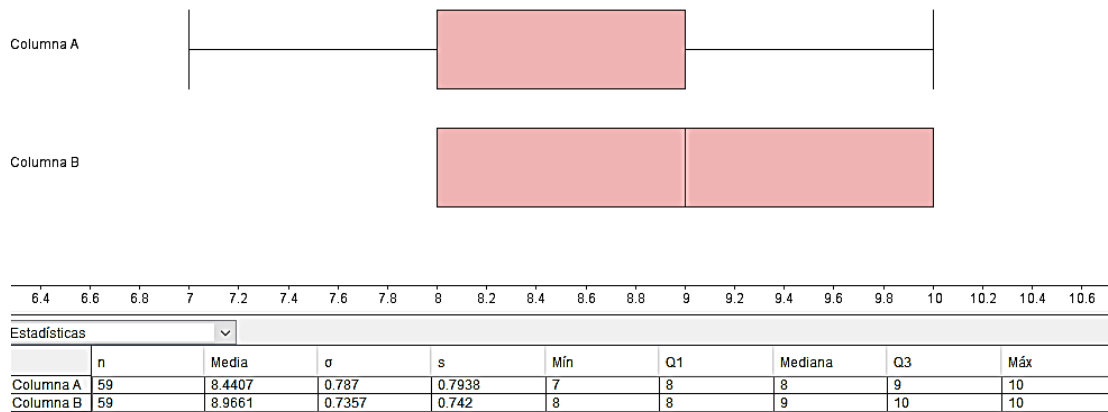


Figura No. 51. Pruebas estadísticas.

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

5.1.2. Prueba de hipótesis obtenida mediante el programa PSPP

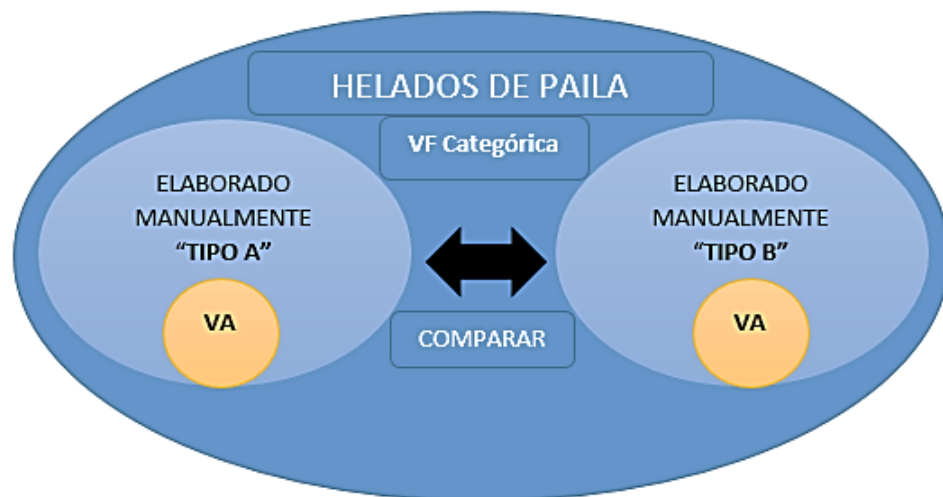


Figura No. 52. Prueba de hipótesis

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

VF: Categórica

VA: Numérica

a. Paso 1 (redacción de la hipótesis)

Hipótesis del investigador:

El promedio de los tipos de helados en la heladería los Pinos los elaborados en máquina es mayor que los elaborados manualmente.

- H_1 =**EXISTE** una diferencia significativa entre la media de los helados elaborados manualmente y la media de los helados elaborados a máquina.
- H_0 = **NO EXISTE** una diferencia significativa entre la media de los helados elaborados manualmente y la media de los helados elaborados a máquina.

b. Paso 2 (DETERMINAR α)

Alfa = 5% = 0.05

c. Normalidad

Kolmogorov-smirnov muestras grandes (>30 individuos)

Chapiro Wilk muestras pequeñas (<30 individuos)

Criterio para determinar la normalidad:

- P-valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal.
- P-valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Los datos NO provienen de una distribución normal.

Tabla No. 18.**Normalidad de las encuestas realizadas**

NORMALIDAD Encuestas		
P-Valor (Tipo A)= 0.7938	>	$\alpha= 0.05$
P-Valor (Tipo B)= 0.742	>	$\alpha= 0.05$
Conclusión: La variable "Puntuación" en ambos grupos se comporta normalmente.		

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

d. Igualdad de varianza

Prueba de Levene

- P-valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales.
- P-valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Existe diferencia significativa entre las varianzas.

Tabla No. 19.**Igualdad de varianza**

IGUALDAD DE VARIANZA		
P-valor = 0.145	>	$\alpha=0.05$
Conclusión: Las varianzas son iguales.		

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

5.1.2.d Prueba T de Student

La prueba t de student se utiliza para evaluar si 2 grupos difieren de manera significativa respecto a sus medias en una variable.

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida P-valor $< \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0)

Tabla No. 20.**Prueba T de Student**

PRUEBA T DE STUDENT		
P-valor = 0.79	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: NO EXISTE una diferencia significativa entre la calidad de los helados elaborados manualmente y elaborados a máquina.		
Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)		

5.2. Análisis financiero

El análisis financiero es de mucha importancia para el desarrollo del proyecto, ya que la mayor parte de la inversión realizada debe ser totalmente recuperable a plazos fijados, o de ser el caso en el menor tiempo posible.

En esta sección se detalla los costos de cada uno de los elementos mecánicos, electrónicos y de refrigeración utilizados para la construcción de la máquina, todos estos considerados como inversión del proyecto.

5.2.1. Análisis de costos

La inversión total de dinero que realizamos al efectuar la compra de todos los materiales para el diseño e implementación de la máquina automática de helados de paila, todos estos costos realizados se dividen en costos directos e indirectos.

a. Costos directos

Estos son aquellos costos en los que se invierte directamente para la implementación de la máquina automática de helados de paila.

- **Costos de materiales**

En este caso estos son los costos de todos los materiales que conforman los sistemas de la máquina automática de helados de paila que a continuación van a ser detallados en las siguientes tablas.

b. Elementos mecánicos

Se trata de la inversión de todos los materiales mecánicos que se van a utilizar para la estructura y movimiento de la máquina automática de helados de paila que se detallan en la Tabla No.21

Tabla No. 21.

Costo de materiales mecánicos

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Tubo rectangular 60mm 40 mmx2mm	1 m	5,30	5,30
2	Perfil L 30mmx30mmx6mm	6m	3,15	18,90
3	Platina 60mmx6mm	1m	2,50	2,50
4	Platina 30mmx6mm	1m	1,80	1,80
5	Platina 25mmx6mm	2m	1,35	2,70
6	Platina 45mmx6mm	1m	2,20	2,20
7	Plancha de acero inoxidable 1200mmx2440mmx0,5mm	1	140	140
8	Eje de acero inoxidable 20mm de diámetro	1,20m	18	18
9	Eje de bronce 38mm de diámetro	15cm	23	23
10	Resortes de acero al carbono 247mmx28mmx2,3mm	2	9	18
11	Varios (pernos, remaches, tornillos, seguros, etc.)	1	30	30
			Total	262,40

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

c. Materiales eléctricos y electrónicos

Es el costo de la inversión de los materiales eléctricos y electrónicos que se va a utilizar para el funcionamiento de la máquina automática, a continuación en la Tabla No.22

Tabla No. 22.**Costo de materiales eléctricos y electrónicos**

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Regulador de voltaje 110 v ac / 3-24v dc	1	30	30
2	Placa de control electrónica (resistencias, diodos, transistors, etc.)	1	75	75
3	Cortapico de 4 entradas	1	8	8
4	Termocupla tipo K	1	12	12
5	Tablet Keissen	1	80	80
6	Motoreductor 24v dc, 3000 rpm, relación 1/15	1	380	380
7	Varios	1	30	30
			Total	615

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

d. Elementos de refrigeración

Es el costo de la inversión de los elementos de refrigeración que se va a utilizar para el sistema de refrigeración para la máquina automática, a continuación en la Tabla No.23

Tabla No. 23.**Costo de los elementos de refrigeración**

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Unidad condensadora de ½ HP, 110v, 60Hz, marca tecumseh, R-404, B/T	1	550	550
2	Rollo de tubería de cobre ½ pulg x 50pies	1	55	55
3	Poliuretano	1lt	45	45
4	Paila de bronce	1	160	160
5	Tubo capilar	1m	5	5
6	Refrigerante R-404	1	40	40
7	Varios (acoples, estaño, pasta, etc.)	1	15	15
			Total	870

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

- **Costo de alquiler de herramientas para maquinado**

En este caso se tiene los costos globalizados de cada una de las herramientas o máquinas que se utilizó para la elaboración de la máquina automática de helados de paila, en la Tabla No.24 se detallan los costos de los mismos.

Tabla No. 24.

Costos de alquiler de herramientas para maquinado

N°	Herramienta	Costo p/u [USD]	Costo Total [USD]
1	Soldadura	150	150
2	Taladro	100	100
3	Pulidora	50	50
4	Torno	150	150
5	Compresor	25	25
	Total		475

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

5.2.2. Costos Indirectos

Son los costos totales de materiales los cuales no intervienen directamente en la construcción de la máquina automática de helados de paila.

a. Costos de materiales adicionales.

Son materiales los cuales no estaban incluidos en la construcción de la máquina automática estos son materiales complementarios los cuales en la Tabla No.25 se describen.

Tabla No. 25.

Costos de materiales adicionales

N°	Elemento	Costo p/u [USD]	Costo Total [USD]
1	Lijas	1,50	1,50
2	Guaípe	6	6
3	Piedras para pulir	20	20
4	Pintura	25	25
5	Elementos de protección	30	30
	Total		82,50

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

5.2.3. Inversión total

Esta es una suma de todos los gastos de costos directos e indirectos que se han hecho a lo largo de la construcción de la máquina automática la cual esta detallada en la Tabla No.26.

Tabla No. 26.

Inversión total

Detalle de costo	Detalle de producto	Costo en [USD]
Costos directos	Elementos mecánicos	262,40
	Materiales eléctricos y electrónicos	615,00
	Elementos de refrigeración	870,00
	Alquiler de herramientas	475,00
Costos indirectos	Materiales adicionales	82,50
Total		2304,90

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

5.3. Cálculo del VAN y el TIR

Se utiliza estos índices financieros para poder determinar la rentabilidad del proyecto de inversión.

El valor actual neto (VAN), es un método por el cual se valora inversiones, se define como la diferencia entre el valor actual de cobros (Tabla No.27) y de los gastos generados debido a la inversión (Tabla No.28). Así proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto realizado en un valor absoluto, es decir da un valor de la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas, a continuación, se muestra la fórmula que se utiliza para el cálculo del VAN.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Dónde:

- **VAN** = Valor actual neto

- **Io** = Inversión total del proyecto
- **FNE** = Flujo neto de cada año
- **i** = Tasa de actualización
- **n** = Numero de meses de la inversión

En la tasa interna de retorno, que vendría a ser el tipo de interés en el que el VAN se hace cero. Si el TIR es alto, es un indicativo de la rentabilidad del proyecto para la empresa, que producirá un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado.

$$0 = -I_o + \sum_{i=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Para realizar correctamente el cálculo del VAN y el TIR se lo realiza con la ayuda del programa matemático Excel como se muestra en las Figuras No.53 y 54 a continuación mostradas.

Tabla No. 27.

Flujo de ingresos en el año 2015

Flujo de ingresos	
Meses	A (dólares)
Enero	1350
Febrero	1380
Marzo	1440
Abril	1410
Mayo	1500
Junio	1470
Julio	1365
Agosto	1515
Septiembre	1455
Octubre	1485
Noviembre	1395
Diciembre	1425

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 28.

Flujo de egresos en el año 2015

Flujo de egresos	
Meses	B (dólares)
Enero	810
Febrero	828
Marzo	864
Abril	846
Mayo	900
Junio	882
Julio	819
Agosto	909
Septiembre	873
Octubre	891
Noviembre	837
Diciembre	855

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

$$TREMA = 10\%$$

$$VAN = 1580,57$$

$$TIR = 22\%$$

$$TIR > TREMA$$

En relación a los cálculos, el resultado del VAN es mayor a cero, de acuerdo a este valor se verifica la recuperación la inversión inicial, quedando para la empresa una utilidad de \$1580,57.

De la misma manera se estima que la TIR es mayor al TREMA de acuerdo a esto se muestra que el proyecto es viable, es decir que la empresa recibiría una rentabilidad del 22% utilizando una inversión de \$2304,90.

K21 =VNA(0,1;K6:K17)-2304,9											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Inversion inicial=	2304,9									
2											
3											
4	Flujo de ingresos		Flujo de egresos		Flujo de efectivo neto		Formulación de datos				
5	Meses	A	Meses	B	Meses	A-B					
6	Enero	1350	Enero	810	Enero	540	f1=	540			
7	Febrero	1380	Febrero	828	Febrero	552	f2=	552			
8	Marzo	1440	Marzo	864	Marzo	576	f3=	576			
9	Abril	1410	Abril	846	Abril	564	f4=	564			
10	Mayo	1500	Mayo	900	Mayo	600	f5=	600			
11	Junio	1470	Junio	882	Junio	588	f6=	588			
12	Julio	1365	Julio	819	Julio	546	f7=	546			
13	Agosto	1515	Agosto	909	Agosto	606	f8=	606			
14	Septiembre	1455	Septiembre	873	Septiembre	582	f9=	582			
15	Octubre	1485	Octubre	891	Octubre	594	f10=	594			
16	Noviembre	1395	Noviembre	837	Noviembre	558	f11=	558			
17	Diciembre	1425	Diciembre	855	Diciembre	570	f12=	570			
18	TOTAL	17190	TOTAL	10314			n=	12			
19							i=	10% de la tasa de interés (0,10)			
20							I0=	2304,9			
21							VAN=	\$ 1.580,57			
22							TIR=	22%			

Figura No. 53. Cálculo del VAN en Excel

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

K22 =TIR(05:017)											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Inversion inicial=	2304,9									
2											
3											
4	Flujo de ingresos		Flujo de egresos		Flujo de efectivo neto		Formulación de datos				
5	Meses	A	Meses	B	Meses	A-B					
6	Enero	1350	Enero	810	Enero	540	f1=	540			
7	Febrero	1380	Febrero	828	Febrero	552	f2=	552			
8	Marzo	1440	Marzo	864	Marzo	576	f3=	576			
9	Abril	1410	Abril	846	Abril	564	f4=	564			
10	Mayo	1500	Mayo	900	Mayo	600	f5=	600			
11	Junio	1470	Junio	882	Junio	588	f6=	588			
12	Julio	1365	Julio	819	Julio	546	f7=	546			
13	Agosto	1515	Agosto	909	Agosto	606	f8=	606			
14	Septiembre	1455	Septiembre	873	Septiembre	582	f9=	582			
15	Octubre	1485	Octubre	891	Octubre	594	f10=	594			
16	Noviembre	1395	Noviembre	837	Noviembre	558	f11=	558			
17	Diciembre	1425	Diciembre	855	Diciembre	570	f12=	570			
18	TOTAL	17190	TOTAL	10314			n=	12			
19							i=	10% de la tasa de interés (0,10)			
20							I0=	2304,9			
21							VAN=	\$ 1.580,57			
22							TIR=	22%			

Figura No. 54. Cálculo de la TIR en Excel

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Tabla No. 29.

Resultados de los indicadores financieros

INDICADOR	RESULTADO	OBSERVACIÓN
VAN[USD]	1580,57	Aceptable
TIR > TREMA [%]	22 > 10	Aceptable

Fuente: (Lizano Ortiz & Carvajal Ibarra, 2016)

Observación: No se puede realizar un análisis comparativo de la máquina automática de helados de paila, con una máquina industrial o una producida en serie por el motivo que no se encuentran en el mercado.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante los resultados satisfactorios obtenidos del diseño de la máquina para hacer helados de paila se logró disminuir el tiempo de producción.
- Al reducir los costos de mano de obra por medio de la implementación de la máquina para la heladería los pinos, resultó ser de gran ayuda para las personas de la tercera edad.
- Al utilizar el serpentín helicoidal en el interior de la paila de bronce, se incrementa la eficiencia de la máquina, ya que aumenta el intercambio de calor entre la superficie del serpentín y la mezcla del helado en estado líquido.
- Al eliminar la manipulación directa del producto, permite mantener las condiciones sanitarias y apropiadas durante todo el proceso de batido del helado.
- Las pérdidas de calor a través de las paredes son menores a un 5% del total requerido por todos los componentes de la máquina. Por lo que se concluye que el espesor de aislamiento de poliuretano utilizado resultó ser el apropiado.
- Luego de haber realizado un correcto análisis de esfuerzos de la estructura soporte se concluye que los perfiles seleccionados son aceptables, ya que los resultados de la simulación, en el software SOLIDWORKS 2016, muestra que el esfuerzo máximo producido es inferior al límite de tolerancia.
- Para diseñar el batidor se encontraron parámetros como la velocidad que es un factor determinante en el crecimiento de los cristales del helado, para obtener una mejor consistencia.

- En el diseño de control se eligió trabajar con un micro controlador programado en arduino ya que este resulta sencillo y económico en comparación a un PLC.

6.2. Recomendaciones

- Se debe tener cuidado en la alineación del eje y la paleta del batidor dentro de la paila de bronce para que no exista fricción.
- Todas las superficies que estén en contacto directo con el helado deberán ser hechas de material apropiado, resistente a la corrosión y de fácil limpieza.
- Se debe utilizar materiales con propiedades resistentes a la corrosión, para evitar la contaminación del producto final.
- El avance de la tecnología nos ha brindado mayores oportunidades de crecimiento, en la automatización de los procesos y a la vez logra reducir los tiempos y los costos de producción, por lo que es importante estar a la vanguardia de los cambios tecnológicos pero siempre tratando de mantener la forma tradicional para nuestras futuras generaciones.
- Es recomendable que la temperatura de congelación del helado se mantenga constante, con el fin de mantener las propiedades y calidad del helado.
- Una vez terminado el proceso es recomendable mantenerlo en las cámaras de refrigeración hasta el momento de su comercialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Rodríguez, R. A., & Andrade Guillén, J. I. (2015). *Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Atmel. (2015). ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P. *ATMEL 8-BIT Microcontroller With 4/8/16/32KBYTES In-System Programmable Flash*.
- Bravo Pisco, C. D., & Guajala Quevedo, M. B. (2014). *Estudio de factibilidad, producción y comercialización de la marca “Mr. Paila” en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Cáceres Moncayo, M. J. (2008). *Estudio para la creación de una fábrica de helados de paila en la parroquia Calderón, cantón Quito, provincia de Pichincha*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército .
- Catalá Gregori, C. (2008). Gases Refrigerantes. *Guía Básica Frigorista*. Madrid.
- El ciclo de refrigeración por compresión de vapor. (s.f.). *Fenómenos de Transporte*. San Cristóbal, Venezuela: Universidad Nacional Experimental del Táchira.
- Estévez Chasipanta, T. N., & Quilamba Gualoto, D. N. (2012). *“Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de helado de maíz, ubicada en la ciudad de Quito”*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Future Technology Devices International Limited. (2010). *TTL to USB Serial Converter Range of Cables*. Glasgow: Document Reference No.: FT_000054.
- KTH Vetenskap Och Konst. (s.f.). *Creating a User Interface using XML* . Estocolmo, Suecia: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Leal, R. G. (s.f.). *Ciclo de refrigeración por la compresión de un vapor*. Universidad Autónoma de México.

- Lizano Ortiz, F. V., & Carvajal Ibarra, A. D. (2016). *Diseño e implementación de una máquina automática de helados de paila para la heladería los pinos*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".
- Maxim Integrated. (2015). MAX31855. *Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converter*. Maxim Integrated Products, Inc.
- Mayné, J. (2003). *Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal*. Silica.
- Moreno Bungacho, D. P., & Ortega Andrade, J. A. (2012). *Diseño de una máquina para elaborar helados de paila con capacidad de carga de 60 l/h para la microempresa Rikkos Helados*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Núñez López, F. V., & Proaño Cárdenas, J. C. (2008). "Diseñar y construir un batidor-congelador para la elaboración de helados". *Tesis de Grado*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Pomares Baeza, J. (2009). *Control por Computador. Manual de Arduino*. Alicante, España: Universidad de Alicante.
- SENA, & Salinas Rojas, P. (2008). *Manual de uso del programa de diseño de circuitos y simulación Proteus Layout Editor*. Caldas: Escuela de Educación Secundaria Técnica N°1 "General José de San Martín".
- Ulcuango Túquerres, W. E. (1 de Abril de 2011). *Evaluación de los Ingredientes Funcionales (crema y estabilizante), en la elaboración de Helados de Crema tipo paleta*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

LINKOGRAFÍA

- Academia Android. (2014). *Android Studio v1.0: características y comparativa con Eclipse*. Recuperado el 16 de 01 de 2016, de Academia Android: <http://academiaandroid.com/android-studio-v1-caracteristicas-comparativa-eclipse/>
- Android Estudio. (s.f.). *Download Android Studio and SDK Tools*. Recuperado el 19 de 01 de 2016, de Developers: <http://developer.android.com/sdk/index.html>
- Escuela Superior de Ingenieros. (s.f.). *Circuitos de disparo para interruptores de potencia*. Recuperado el 02 de 10 de 2015, de Grupo de Tecnología Electronica: http://www.gte.us.es/~leopoldo/Store/tsp_9.pdf
- Estudio.com, E. (s.f.). *Ingeniería electrónica y proyectos PLC micro*. Recuperado el 01 de 12 de 2015, de <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>
- Facultad de Ingeniería. (s.f.). Compresores. *Tecnología y Servicios Industriales 2*. Montevideo: Universidad de la República - Uruguay. Recuperado el 28 de 08 de 2015, de <http://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/repart/qica2/Compresores.pdf>
- Facultad de Ingeniería. (s.f.). Condensadores. *Tecnología y Servicios Industriales 2*. Montevideo: Universidad de la República - Uruguay. Recuperado el 28 de 08 de 2015, de <https://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/repart/qica2/Condensadores.pdf>
- Facultad de Ingeniería. (s.f.). Evaporadores. *Tecnología y Servicios Industriales 2*. Montevideo: Universidad de la República - Uruguay. Recuperado el 02 de 10 de 2015, de <https://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/repart/qica2/Evaporadores.pdf>
- Monografias.com S.A. (s.f.). *Sistemas de refrigeracion*. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos104/sistemas-refrigeracion-compresion-vapor/sistemas-refrigeracion-compresion-vapor.shtml>

- PICmicro®. (s.f.). *¿Qué es un microcontrolador?* Recuperado el 19 de 01 de 2016, de Electrónica Estudio.com: <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>
- quegrande.org. (s.f.). *El transistor unipolar Mosfet*. Recuperado el 16 de 10 de 2015, de http://quegrande.org/apuntes/grado/1G/TEG/teoria/10-11/tema_6_-_transistores_unipolares.pdf
- Sistema de Refrigeración por Comprensión. (2011). Alicante, España: Universidad de Alicante. Recuperado el 10 de 08 de 2015, de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>
- uptodown.com. (s.f.). *Andriod Estudio 1.5.0.4*. Recuperado el 21 de 01 de 2016, de Uptodown: <http://android-studio.uptodown.com/>
- Wikipedia®. (2016). *Microcontrolador*. Recuperado el 03 de 12 de 2015, de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>
- WordPress.com. (2009). *Ciclos de refrigeración por compresión de vapor*. Recuperado el 28 de 08 de 2015, de Termodinámica Aplicada: <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2009/02/tema-2-ciclos-de-refrigeracion1.pdf>

ANEXOS

ANEXO A.

DIMENSIONAMIENTO

DE LA CÁMARA DE

ENFRIAMIENTO

Potencia necesaria para enfriar los helados

Con el objetivo de determinar las propiedades térmicas de la mezcla de los diferentes componentes que tiene los helados, se lee en la tabla 3 del Anexo F, la composición del helado de fresa, el mismo que tiene valores promedio con respecto al de vainilla y de chocolate.

- Contenido de agua (x_{wo}) 60,00 %
- Contenido de proteínas (x_p) 3,20 %
- Contenido de grasa (x_f) 8,40 %
- Contenido de carbohidratos (x_c) 27,60 %
- Contenido de fibra (x_{fb}) 0,30 %
- Contenido de sólidos (x_a) 0,70 %

El porcentaje de contenido de hielo (x_{ice}), cuando la mezcla se congela a la temperatura T_s , se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$x_{ice} = \frac{1,105 \cdot x_{wo}}{1 + \frac{0,7138}{\ln(T_f - T + 1)}}$$

$$x_{ice} = \frac{1,105 \cdot 0,60}{1 + \frac{0,7138}{\ln(-5,6 - (-6,5) + 1)}}$$

$$x_{ice} = 0,314 = 31,4 \%$$

Donde:

- T_f = Temperatura del punto inicial de congelamiento del helado (anexo x01) = -5,6 °C = 267,6 °K
- T = Temperatura más baja de enfriamiento del helado = -6,5 °C

El porcentaje de contenido de agua no congelada (x_w), a la temperatura T_s , viene dada por:

$$x_w = x_{wo} - x_{ice}$$

$$x_w = 0,60 - 0,314$$

$$x_w = 0,286 = 28,6 \%$$

A partir de las tablas 1 y 2 del Anexo G, se determina la densidad de los diferentes componentes del helado a -6,5 °C:

Densidad del agua

$$\rho_w = 9,9718 \cdot 10^2 + 3,1439 \cdot 10^{-3} \cdot T - 3,7574 \cdot 10^{-3} \cdot T^2$$

$$\rho_w = 9,9718 \cdot 10^2 + 3,1439 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) - 3,7574 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5)^2$$

$$\rho_w = 997,001 \text{ kg/m}^3$$

Densidad del hielo

$$\rho_{ice} = 9,1689 \cdot 10^2 - 1,3071 \cdot 10^{-1} \cdot T$$

$$\rho_{ice} = 9,1689 \cdot 10^2 - 1,3071 \cdot 10^{-1} \cdot (-6,5)$$

$$\rho_{ice} = 917,74 \text{ kg/m}^3$$

Densidad de las proteínas

$$\rho_p = 1,3299 \cdot 10^3 - 5,1840 \cdot 10^{-1} \cdot T$$

$$\rho_p = 1,3299 \cdot 10^3 - 5,1840 \cdot 10^{-1} \cdot (-6,5)$$

$$\rho_p = 1333,27 \text{ kg/m}^3$$

Densidad de la grasa

$$\rho_f = 9,2559 \cdot 10^2 - 4,1757 \cdot 10^{-1} \cdot T$$

$$\rho_f = 9,2559 \cdot 10^2 - 4,1757 \cdot 10^{-1} \cdot (-6,5)$$

$$\rho_f = 928,30 \text{ kg/m}^3$$

Densidad de los carbohidratos

$$\rho_c = 1,5991 \cdot 10^3 - 3,1046 \cdot 10^{-1} \cdot T$$

$$\rho_c = 1,5991 \cdot 10^3 - 3,1046 \cdot 10^{-1} \cdot (-6,5)$$

$$\rho_c = 1601,12 \text{ kg/m}^3$$

Densidad de las fibras

$$\begin{aligned}\rho_{fb} &= 1,3115 \cdot 10^3 - 3,6589 \cdot 10^{-1} \cdot T \\ \rho_{fb} &= 1,3115 \cdot 10^3 - 3,6589 \cdot 10^{-1} \cdot (-6,5) \\ \rho_{fb} &= 1313,88 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Densidad de los sólidos

$$\begin{aligned}\rho_a &= 2,4238 \cdot 10^3 - 2,8063 \cdot 10^{-1} \cdot T \\ \rho_a &= 2,4238 \cdot 10^3 - 2,8063 \cdot 10^{-1} \cdot (-6,5) \\ \rho_a &= 2425,62 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

La densidad del helado a -6,5 °C viene dado por:

$$\begin{aligned}\rho_{hel} &= \frac{(1 - \epsilon)}{\sum \frac{x_i}{\rho_i}} = \frac{(1 - \epsilon)}{\frac{x_{ice}}{\rho_{ice}} + \frac{x_w}{\rho_w} + \frac{x_p}{\rho_p} + \frac{x_f}{\rho_f} + \frac{x_c}{\rho_c} + \frac{x_{fb}}{\rho_{fb}} + \frac{x_a}{\rho_a}} \\ \rho_{hel} &= \frac{1 - 0}{\frac{0,314}{917,74} + \frac{0,2886}{997,001} + \frac{0,032}{1333,27} + \frac{0,084}{928,30} + \frac{0,276}{1601,12} + \frac{0,003}{1313,88} + \frac{0,007}{2425,62}} \\ \rho_{hel} &= 1085,73 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Donde:

- ϵ = Porosidad = 0 (solo existe en alimentos en granos)

De forma semejante se determina el calor específico del helado a -6,5 °C:

Calor específico del agua

$$\begin{aligned}c_{p_w} &= 4,1289 - 5,3062 \cdot 10^{-3} \cdot T + 9,9516 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 \\ c_{p_w} &= 4,1289 - 5,3062 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) + 9,9516 \cdot 10^{-4} \cdot (-6,5)^2 \\ c_{p_w} &= 4,2054 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{°K}\end{aligned}$$

Calor específico del hielo

$$c_{p_{ice}} = 2,0623 + 6,0769 \cdot 10^{-3} \cdot T$$

$$c_{p_{ice}} = 2,0623 + 6,0769 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5)$$

$$c_{p_{ice}} = 2,0228 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

Calor específico de las proteínas

$$c_{p_p} = 2,0082 + 1,2089 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1,3129 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$c_{p_p} = 2,0082 + 1,2089 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) - 1,3129 \cdot 10^{-6} \cdot (-6,5)^2$$

$$c_{p_p} = 2,0003 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

Calor específico de la grasa

$$c_{p_f} = 1,9842 + 1,4733 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,8008 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$c_{p_f} = 1,9842 + 1,4733 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) - 4,8008 \cdot 10^{-6} \cdot (-6,5)^2$$

$$c_{p_f} = 1,9744 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

Calor específico de los carbohidratos

$$c_{p_c} = 1,5488 + 1,9625 \cdot 10^{-3} \cdot T - 5,9399 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$c_{p_c} = 1,5488 + 1,9625 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) - 5,9399 \cdot 10^{-6} \cdot (-6,5)^2$$

$$c_{p_c} = 1,5358 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

Calor específico de las fibras

$$c_{p_{fb}} = 1,8459 + 1,8306 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,6509 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$c_{p_{fb}} = 1,8459 + 1,8306 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) - 4,6509 \cdot 10^{-6} \cdot (-6,5)^2$$

$$c_{p_{fb}} = 1,8338 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

Calor específico de los sólidos

$$c_{p_a} = 1,0926 + 1,8896 \cdot 10^{-3} \cdot T - 3,6817 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$c_{p_a} = 1,0926 + 1,8896 \cdot 10^{-3} \cdot (-6,5) - 3,6817 \cdot 10^{-6} \cdot (-6,5)^2$$

$$c_{p_a} = 1,0802 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

El calor específico del helado es:

$$\begin{aligned}
 c_{p_{hel}} &= \sum x_i \cdot c_{p_i} \\
 &= x_{ice} \cdot c_{p_{ice}} + x_w \cdot c_{p_w} + x_p \cdot c_{p_p} + x_f \cdot c_{p_f} + x_c \cdot c_{p_c} + x_{fb} \cdot c_{p_{fb}} \\
 &\quad + x_a \cdot c_{p_a}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{p_{hel}} &= 0,314 \cdot 2,0228 + 0,2886 \cdot 4,2054 + 0,032 \cdot 2,0003 + 0,084 \cdot 1,9744 \\
 &\quad + 0,276 \cdot 1,5358 + 0,003 \cdot 1,8338 + 0,007 \cdot 1,0802
 \end{aligned}$$

$$c_{p_{hel}} = 2,505 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$$

En base a la capacidad de producción de la máquina de helados (\dot{V}_{hel}), se calcula el flujo másico de helado a enfriar (\dot{m}_{hel}):

$$\dot{m}_{hel} = \rho_{hel} \cdot \dot{V}_{hel}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{hel} &= 1085,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 80 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \cdot \left(\frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} \right) \\
 \dot{m}_{hel} &= 0,00242 \frac{\text{kg}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

La potencia requerida para enfriar la mezcla de helado se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{enf} = \dot{m}_{hel} \cdot c_{p_{hel}} \cdot (T_0 - T)$$

$$Q_{enf} = 0,00242 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 2,505 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ K} \cdot (15 - (-6,5)) ^\circ K$$

$$Q_{enf} = 0,1303 \text{ kW} = 130,3 \text{ W}$$

Potencia consumida en el cambio de fase

Con el objetivo de determinar la cantidad de energía consumida durante el cambio de fase de la mezcla de helado (de líquido a sólido), se considera el porcentaje de agua congelada presente en la mezcla.

$$\dot{m}_{ice} = \dot{m}_{hel} \cdot x_{ice}$$

$$\dot{m}_{ice} = 0,00242 \frac{kg}{s} \cdot 0,314$$

$$\dot{m}_{ice} = 7,576 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

A partir de la masa de hielo y el calor latente por fusión, se calcula la energía consumida por el cambio de fase:

$$Q_{c-f} = \dot{m}_{ice} \cdot q_{c-f}$$

$$Q_{c-f} = 7,576 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{s} \cdot 200 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_{c-f} = 0,1515 kW = 151,5 W$$

Donde:

- q_{c-f} = Calor latente por fusión del helado (Anexo F) = 200 kJ/kg

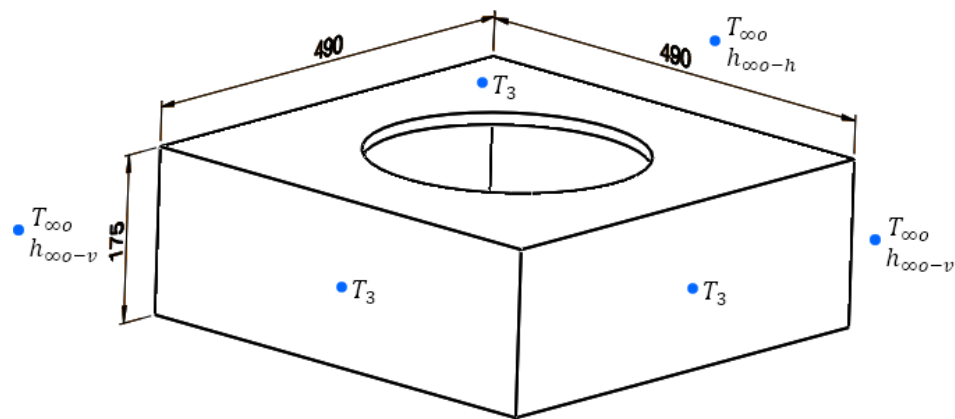
Coeficiente de transferencia de calor por convección

El principal mecanismo de transferencia de calor, tanto para las paredes exteriores como para las paredes interiores de la cámara fría de la máquina para hacer helados, constituye la transferencia de calor por convección natural.

A continuación, se determinan los coeficientes de transferencia de calor por convección natural en las diferentes paredes de la cámara fría.

Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales exteriores de la cámara fría

En base a los cálculos iterativos realizados con la ayuda de Microsoft Excel, se determinó que la diferencia de temperatura entre la pared exterior de la cámara fría y el aire ambiente (ΔT_{V-0}) es aproximadamente $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($3\text{ }^{\circ}\text{K}$), De acuerdo con la figura mostrada, la temperatura de la pared externa es:



Dimensiones externas de la cámara fría

$$\Delta T_{V-0} = T_{\infty 0} - T_3$$

$$T_3 = 15\text{ }^{\circ}\text{C} - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = 12\text{ }^{\circ}\text{C} = 285,2\text{ }^{\circ}\text{K}$$

Donde:

- T_3 = Temperatura de la pared exterior del horno
- $T_{\infty 0}$ = Temperatura promedio del aire en el exterior del horno = $15\text{ }^{\circ}\text{C}$

A partir de ésta diferencia de temperatura, se determina la temperatura de la película en la capa límite exterior de la cámara (T_{fo}):

$$T_{fo} = T_{\infty 0} - \frac{1}{2} \Delta T_{V-0}$$

$$T_{fo} = 15 \text{ }^\circ\text{C} - \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{fo} = 13,5 \text{ }^\circ\text{C} = 286,7 \text{ }^\circ\text{K}$$

A partir de la tabla A-15 del Anexo I se obtienen las propiedades del aire a la temperatura de la película:

- $k_o = 0,02465 \text{ W/m }^\circ\text{K}$
- $\nu_o = 1,4568 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- $Pr_o = 0,7327$

El coeficiente de expansión volumétrica β para el aire externo, viene dado por:

$$\beta_o = \frac{1}{T_{fo}}$$

$$\beta_o = \frac{1}{286,7 \text{ }^\circ\text{K}}$$

El régimen de flujo en la convección natural se mide mediante el número de Grashof, y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Gr_{L-ov} = \frac{g \cdot \beta_o \cdot \Delta T_{V-0} \cdot L_{c-ov}^3}{\nu_o^2}$$

$$Gr_{L-ov} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{286,7 \text{ }^\circ\text{K}} \cdot 3 \text{ }^\circ\text{K} \cdot 0,175^3 \text{ m}^3}{(1,4568 \cdot 10^{-5})^2 \frac{\text{m}^4}{\text{s}^2}}$$

$$Gr_{L-ov} = 2,592 \cdot 10^6$$

Donde:

- g = Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²
- ν_o = Viscosidad cinemática del fluido exterior

- $L_{c-ov} =$ Altura de la pared vertical exterior de cámara fría = 0,175 m

La relación entre la difusividad de la cantidad de movimiento y la difusividad térmica, viene dado por el número de Rayleigh.

$$Ra_{L-ov} = Gr_{L-ov} \cdot Pr_o$$

$$Ra_{L-ov} = 2,592 \cdot 10^6 \cdot 0,7327$$

$$Ra_{L-ov} = 1,899 \cdot 10^6$$

Donde:

- $Pr_o =$ Número de Prandtl del fluido exterior

De acuerdo con la tabla del Anexo I, la correlación empírica del número promedio de Nusselt para la convección natural sobre superficies verticales, se obtiene de la ecuación:

$$Nu_{ov} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra_{L-ov}^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr_o} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu_{ov} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot 1,899 \cdot 10^{6^{1/6}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7327} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu_{ov} = 19,747$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales exteriores de la cámara fría ($h_{\infty o-v}$), viene dado por:

$$h_{\infty o-v} = \frac{k_o \cdot Nu_{ov}}{L_{c-ov}}$$

$$h_{\infty o-v} = \frac{0,02465 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C} \cdot 19,747}{0,175 m}$$

$$h_{\infty o-v} = 2,78 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Donde:

- k_o = Conductividad térmica del aire en el exterior de la cámara fría

Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales exteriores de la cámara fría

Al igual que para las paredes verticales exteriores, la diferencia de temperatura entre el sólido y el fluido en el exterior (ΔT_{H-o}) y, la temperatura de la película en la capa límite exterior (T_{fo}), son respectivamente:

$$\Delta T_{H-o} = 3,0 \text{ } ^\circ C = 3,0 \text{ } ^\circ K$$

$$T_{fo} = 50 \text{ } ^\circ C = 323 \text{ } ^\circ K$$

El número de Grashof para las paredes horizontales exteriores del horno se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$Gr_{L-oh} = \frac{g \cdot \beta_o \cdot \Delta T_{H-o} \cdot L_{c-oh}^3}{\nu_o^2}$$

$$Gr_{L-oh} = \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{286,7 \text{ } ^\circ K} \cdot 3 \text{ } ^\circ K \cdot 0,1225^3 m^3}{(1,4568 \cdot 10^{-5})^2 \frac{m^4}{s^2}}$$

$$Gr_{L-oh} = 8,891 \cdot 10^5$$

Donde:

- L_{c-oh} = Longitud característica de la pared horizontal exterior (anexo X04)

$$L_{c-oh} = \frac{A_{so}}{p_o}$$

$$L_{c-oh} = \frac{(0,490 \cdot 0,490) m^2}{(4 \cdot 0,490) m}$$

$$L_{c-oh} = 0,1225 m$$

Donde:

- A_{so} = Área de la superficie de transferencia de calor exterior
- p_o = Perímetro de la superficie de transferencia de calor exterior

El número de Rayleigh, viene dada por la ecuación:

$$Ra_{L-oh} = Gr_{L-oh} \cdot Pr_o$$

$$Ra_{L-oh} = 8,891 \cdot 10^5 \cdot 0,7327$$

$$Ra_{L-oh} = 6,515 \cdot 10^5$$

De acuerdo con la tabla del Anexo H, la correlación empírica del número promedio de Nusselt para la convección natural en las superficies horizontales de la cámara, se obtiene de la ecuación:

$$Nu_{oh} = 0,54 \cdot Ra_{L-oh}^{1/4}$$

$$Nu_{oh} = 0,54 \cdot 6,515 \cdot 10^{5^{1/4}}$$

$$Nu_{oh} = 15,34$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales exteriores de la cámara ($h_{\infty o-h}$), viene dado por:

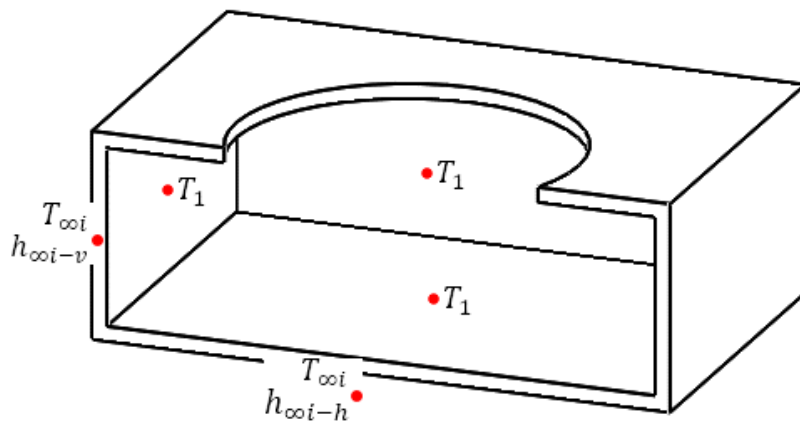
$$h_{\infty o-h} = \frac{k_o \cdot Nu_{oh}}{L_{c-h}}$$

$$h_{\infty o-h} = \frac{0,02465 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 15,34}{0,1225 m}$$

$$h_{\infty o-h} = 3,09 \frac{W}{m^2 \text{ }^{\circ}C}$$

Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales interiores de la cámara fría

La temperatura de la pared interna de la cámara fría, viene dado por:



Distribución de temperaturas en el exterior de la cámara

$$\Delta T_{V-i} = T_1 - T_{\infty i}$$

$$T_1 = 3 \text{ }^{\circ}C - 6,5 \text{ }^{\circ}C$$

$$T_1 = -3,5 \text{ }^{\circ}C = 269,7 \text{ }^{\circ}K$$

Donde:

- T_1 = Temperatura de la pared interior del horno
- $T_{\infty i}$ = Temperatura mínima requerida en el interior = $-6,5 \text{ }^{\circ}C$

La temperatura de la película en la capa límite de aire en el interior de la cámara (T_{fi}) es:

$$T_{fi} = T_{\infty i} + \frac{1}{2} \Delta T_{V-i}$$

$$T_{fi} = -6,5 \text{ } ^\circ\text{C} + \frac{1}{2} \cdot 3,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{fi} = -5,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 268,2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

A partir de la tabla del Anexo G, se obtienen las propiedades del aire en el interior de la cámara fría:

- $k_i = 0,02326 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$
- $\nu_i = 1,295 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- $Pr_i = 0,7374$

El coeficiente de expansión volumétrica β_i para el aire en el interior de la cámara, viene dado por:

$$\beta_i = \frac{1}{T_{fi}}$$

$$\beta_i = \frac{1}{268,2 \text{ } ^\circ\text{K}}$$

El número de Grashof en el interior se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Gr_{L-iv} = \frac{g \cdot \beta_i \cdot \Delta T_{V-i} \cdot L_{c-iv}^3}{\nu_i^2}$$

$$Gr_{L-iv} = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{268,2^\circ K} \cdot 3^\circ K \cdot 0,148^3 m^3}{(1,295 \cdot 10^{-5})^2 \frac{m^4}{s^2}}$$

$$Gr_{L-iv} = 2,121 \cdot 10^6$$

Donde:

- ν_i = Viscosidad cinemática del fluido interior
- L_{c-iv} = Altura característica de la pared vertical interior

$$L_{c-iv} = 320 - 2L_1 - 2L_2$$

$$L_{c-iv} = 175 \text{ mm} - 2 \cdot 12,5 \text{ mm} - 2 \cdot 1,0 \text{ mm} = 148 \text{ mm}$$

Donde:

- L_1 = Espesor de la pared de lana de vidrio = 12,5 mm
- L_2 = Espesor de la chapa de acero = 1,0 mm

El número de Rayleigh, se obtiene de la ecuación:

$$Ra_{L-iv} = Gr_{L-iv} \cdot Pr_i$$

$$Ra_{L-iv} = 2,121 \cdot 10^6 \cdot 0,7374$$

$$Ra_{L-iv} = 1,564 \cdot 10^6$$

Donde:

- Pr_i = Número de Prandtl del aire en el interior del horno

El número promedio de Nusselt para la convección natural sobre las superficies verticales internas de la cámara, se obtiene de la ecuación:

$$Nu_{iv} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra_{L-iv}^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr_i} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu_{iv} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot 1,564 \cdot 10^6^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7374} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu_{iv} = 18,750$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes verticales interiores de la cámara ($h_{\infty i-v}$), viene dado por:

$$h_{\infty i-v} = \frac{k_i \cdot Nu_{iv}}{L_{c-iv}}$$

$$h_{\infty i-v} = \frac{0,02326 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 18,750}{0,148 m}$$

$$h_{\infty i-v} = 2,95 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Donde:

- k_i = Conductividad térmica del aire en el interior de la cámara

Coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales interiores de la cámara

Al igual que para las paredes verticales interiores, la diferencia de temperatura entre el sólido y el fluido en el interior (ΔT_{H-i}) es 3,0 °C (3,0 °K), y la temperatura de la película en la capa límite de aire en el interior (T_{fi}) es 5,0 °C (268,2 °K)

El número de Grashof para las paredes horizontales exteriores de la cámara se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$Gr_{L-ih} = \frac{g \cdot \beta_i \cdot \Delta T_{H-i} \cdot L_{c-ih}^3}{\nu_i^2}$$

$$Gr_{L-ih} = \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{268,2 \text{ } ^\circ K} \cdot 3 \text{ } ^\circ K \cdot 0,1158^3 m^3}{(1,295 \cdot 10^{-5})^2 \frac{m^4}{s^2}}$$

$$Gr_{L-ih} = 1,016 \cdot 10^6$$

Donde:

- L_{c-ih} = Longitud característica de la pared horizontal interior

$$L_{c-ih} = \frac{A_{si}}{p_i}$$

$$L_{c-ih} = \frac{(0,463 \cdot 0,463) m^2}{(4 \cdot 0,463) m}$$

$$L_{c-ih} = 0,1158 m$$

Donde:

- A_{si} = Área de la superficie de transferencia de calor interior
- p_i = Perímetro de la superficie de transferencia de calor interior

El número de Rayleigh, se obtiene de la ecuación:

$$Ra_{L-ih} = Gr_{L-ih} \cdot Pr_i$$

$$Ra_{L-ih} = 1,016 \cdot 10^6 \cdot 0,7374$$

$$Ra_{L-ih} = 7,492 \cdot 10^5$$

El número promedio de Nusselt, para la convección natural sobre las superficies horizontales internas de la cámara, se obtiene de la ecuación:

$$Nu_{ih} = 0,54 \cdot Ra_{L-ih}^{1/4}$$

$$Nu_{ih} = 0,54 \cdot 7,492 \cdot 10^{5^{1/4}}$$

$$Nu_{ih} = 15,887$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección en las paredes horizontales interiores de la cámara ($h_{\infty i-h}$), viene dado por:

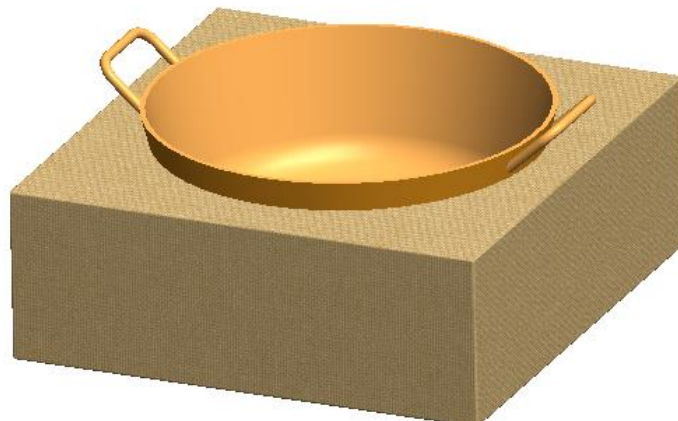
$$h_{\infty i-h} = \frac{k_i \cdot Nu_{iv}}{L_{c-ih}}$$

$$h_{\infty i-h} = \frac{0,02326 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 15,887}{0,1158 m}$$

$$h_{\infty i-h} = 3,19 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Cálculo del calor ganado por las paredes

El calor ganado a través de las paredes compuestas de la cámara fría (figura mostrada), se produce por conducción y por convección natural.



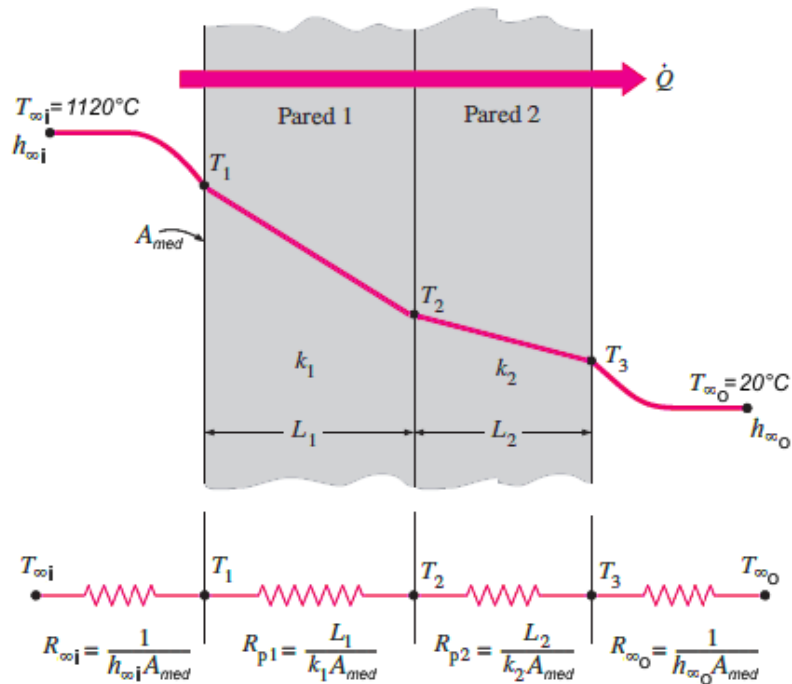
Cámara fría de la máquina para hacer helados

En base a la figura., la rapidez de transferencia de calor a través de las paredes planas compuestas, se calculan dividiendo la diferencia de temperatura entre los dos fluidos para la resistencia térmica total que se encuentra en la trayectoria del flujo de calor.

$$\dot{Q}_L = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\sum R_T}$$

Donde:

- R_T = Resistencias térmicas a través de las paredes del horno



Red de resistencias térmicas en las paredes

Ganancia de calor a través de las paredes verticales de la cámara

De la figura anterior, se determina que el área de las paredes verticales de la cámara fría, viene dado por:

$$A_1 = (0,490 \cdot 0,175)m^2$$

$$A_1 = 0,08575 m^2$$

La rapidez de transferencia de calor a través de la pared vertical, se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{L1} = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\frac{1}{h_{\infty i-v} \cdot A_1} + \frac{L_1}{k_1 \cdot A_1} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A_1} + \frac{1}{h_{\infty o-v} \cdot A_1}}$$

$$\dot{Q}_{L1} = \frac{(15 - (-6,5))^{\circ}\text{C}}{\left(\frac{1}{2,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{0,0125 \text{ m}}{0,048 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{0,001 \text{ m}}{55,0 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{1}{2,78 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} \right) \cdot 0,08575 \text{ m}^2}$$

$$\dot{Q}_{L1} = 1,93 \text{ W}$$

Donde:

- k_1 = Conductividad térmica de lana de vidrio (Anexo J)
- k_2 = Conductividad térmica del acero (Anexo K)
- L_1 = Espesor de la pared de lana de vidrio = 12,5 mm
- L_2 = Espesor de la chapa de acero = 1,0 mm

Ganancia de calor a través de las paredes horizontales de la cámara

De la figura 3., se determina que el área de las paredes horizontales de la cámara fría, viene dado por:

$$A_2 = (0,490 \cdot 0,490) \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,2401 \text{ m}^2$$

La rapidez de transferencia de calor a través de la pared superior y la pared inferior, se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{L2} = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\frac{1}{h_{\infty i-v} \cdot A_2} + \frac{L_1}{k_1 \cdot A_2} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A_2} + \frac{1}{h_{\infty o-v} \cdot A_2}}$$

$$\dot{Q}_{L2} = \frac{(15 - (-6,5))^{\circ}\text{C}}{\left(\frac{1}{3,19 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{0,0125 \text{ m}}{0,048 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{0,001 \text{ m}}{55,0 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{1}{3,09 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} \right) \cdot 0,2401 \text{ m}^2}$$

$$\dot{Q}_{L2} = 5,76 \text{ W}$$

Por lo tanto, la ganancia de calor total (\dot{Q}_{LT}), a través de las seis paredes compuestas de la cámara fría es:

$$\dot{Q}_{LT} = 4 \cdot \dot{Q}_{L1} + 2 \cdot \dot{Q}_{L2}$$

$$\dot{Q}_{LT} = 4 \cdot 1,93 \text{ W} + 2 \cdot 5,76 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{LT} = 19,24 \text{ W}$$

Cálculo de la potencia térmica total requerida

La energía térmica total (Q_T) requerida para enfriar los helados hasta una temperatura mínima de $-6,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se obtiene sumando la potencia requerida para enfriar la cámara fría, más las ganancias de calor totales a través de las paredes.

$$Q_T = Q_{enf} + Q_{c-f} + \dot{Q}_{LT}$$

$$Q_T = (130,3 + 151,5 + 19,24) \text{ W}$$

$$Q_T = 301,05 \text{ W}$$

Con el objetivo de contemplar situaciones particulares adversas y el rendimiento del sistema de refrigeración, se considera una eficiencia total del sistema (η_T) de 80%, por lo que, la potencia total (P_T) requerida en la unidad condensadora es:

$$P_T = \frac{Q_T}{\eta_T}$$

$$P_T = \frac{301,03 \text{ W}}{0,80}$$

$$P_T = 376,1 \text{ W}$$

Entonces, se selecciona una unidad condensadora de 0,5 hp.

ANEXO B.
DISEÑO MECÁNICO
DE LA MÁQUINA.

Selección del moto-reductor del sistema de agitación

Para el proceso de homologación de la mezcla de helado es necesario el uso de un agitador mecánico, el mismo que, en base a las condiciones a las cuales va a estar sometido y tomando en cuenta que la viscosidad de la mezcla varía a medida que se enfría el helado, debe tener una velocidad de giro baja, por lo que se recomienda la utilización de agitadores de paletas tipo ancla para garantizar flujo tanto axial como radial.

El método empírico desarrollado para determinar la potencia consumida por el agitador, requiere que se determine el número de Reynolds (N_{Re}), en función de variables convenientes para la agitación:

$$N_{Re} = \frac{N_A \cdot D_a^2 \cdot \rho_{hel}}{\mu_{hel}}$$

$$N_{Re} = \frac{2,5 \text{ rev/s} \cdot 0,365^2 \text{ m}^2 \cdot 1085,73 \text{ kg/m}^3}{0,635 \text{ Pa} \cdot \text{s}}$$

$$N_{Re} = 569,48$$

Donde:

- N_A = Velocidad de giro recomendada del agitador = 150 rpm (2,5 rps)
- μ_{hel} = Viscosidad promedio de la mezcla de helado (Anexo L) = 0,635 Pa s
- D_a = Diámetro medio de la paleta del agitador = 0,365 m

$$D_a = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{0,34 + 0,39}{2}$$

$$D_a = 0,365 \text{ m}$$

Donde:

- D_1 = Diámetro menor de la paila de bronce = 0,34 m
- D_2 = Diámetro mayor de la paila de bronce = 0,39 m

De la figura 10.5 del Anexo M se determina que, para el número de Reynolds calculado, el número de potencia (N_p) es:

$$N_p = 1,8$$

La potencia requerida en el agitador (P_A) para homogenizar la mezcla de helado se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$P_A = \frac{N_p \cdot N_A^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho_{hel}}{g_c}$$

$$P_A = \frac{1,8 \cdot 2,5^3 / s^3 \cdot 0,365^5 m^5 \cdot 1085,73 \text{ kg}/m^3}{1 \text{ kg} \cdot m / N \cdot s^2}$$

$$P_A = 197,82 \text{ W} \approx 200 \text{ W}$$

Del catálogo de Motores King del Anexo N se selecciona el moto-reductor SF7152, que entrega 250 W a 150 rpm con una eficiencia de 50%.

Cálculo del torque y la fuerza de agitación

A partir de la potencia calculada para el moto-reductor (P), se determina el torque disponible para el agitador (T_A):

$$T_A = \frac{P_A}{N_A}$$

$$T_A = \frac{200 \text{ N} \cdot \text{m}/2}{150 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{2\pi}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)}$$

$$T_A = 12,73 \text{ Nm}$$

En base al torque de agitación, se determina la fuerza tangencial (F_A) que la paleta ejerce sobre las paredes de la paila de bronce:

$$T_A = F_A \cdot \frac{D_a}{2}$$

$$F_A = \frac{2 \cdot T_A}{D_a} = \frac{2 \cdot 12,73 \text{ Nm}}{0,365 \text{ m}}$$

$$F_A = 69,77 \text{ N}$$

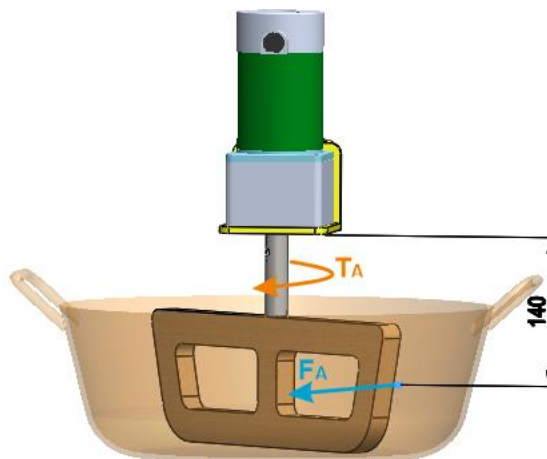
Diseño del eje del agitador

De acuerdo con la figura mostrada, el momento máximo (M_A) que se produce en la base del eje del agitador, viene dado por:

$$M_A = F_A \cdot d$$

$$M_A = 69,77 \text{ N} \cdot 0,14 \text{ m}$$

$$M_A = 9,77 \text{ Nm}$$



Cargas sobre el eje del agitador

Aplicando la ecuación para diseño de ejes sometidos a cargas de flexión y torsión, en base a la teoría de la energía de distorsión, se determina el diámetro mínimo requerido para el eje del sistema de agitación:

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_A^2 + \frac{3}{4} T_A^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot 3,0}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6} \left(9,77^2 + \frac{3}{4} 12,73^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = 0,0122 \text{ m} = 12,20 \text{ mm}$$

Donde:

- ϕ_{eje1} = Diámetro mínimo requerido en el eje del agitador
- S_y = Resistencia a la fluencia del acero ASTM A36 = 250 MPa
- FS = Factor de seguridad requerido para el eje = 3,0

Por lo tanto, para fabricar el agitador, se selecciona un eje con una medida estándar de 12,7 mm (0,5 pulgadas).

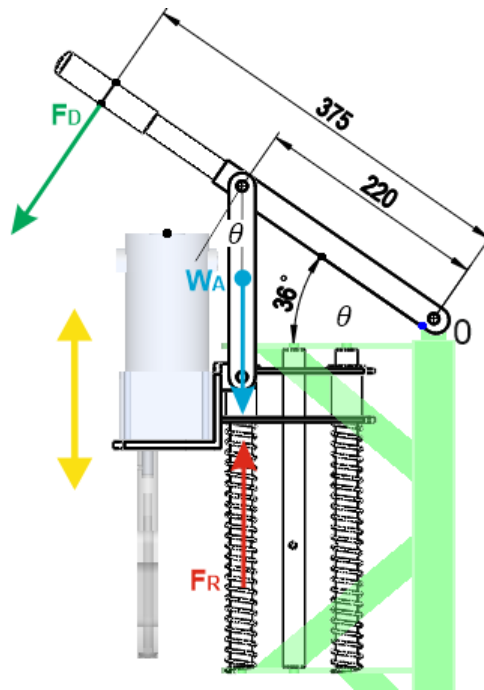
Selección del resorte de elevación

Como se muestra en la figura siguiente, para garantizar que el resorte eleve por completo el sistema de agitación, hasta su posición de descanso superior, es necesario que éste entregue una fuerza (F_R) igual al peso total del sistema de elevación (W_A).

El peso del sistema de agitación viene dado por:

- Peso del moto-reductor: 3,1 kg

- Peso de soporte del motor: 1,4 kg
- Peso del eje del agitador: 0,3 kg
- Peso de la paleta tipo ancla: 0,4 kg
- Peso de los dos brazos de elevación: 0,5 kg
- Peso de la palanca: 1,0 kg
- Peso Total (W_A): 6,7 kg = 65,6 N



Mecanismo de elevación y descenso del agitador

Por lo tanto, la fuerza que debe ejercer el resorte a la longitud de trabajo es:

$$F_R = W_A = 65,6 \text{ N}$$

El desplazamiento total del resorte (Δy) durante un ciclo de trabajo viene dado por:

$$\Delta y = y_f - y_i$$

$$\Delta y = 245 \text{ mm} - 60 \text{ mm}$$

$$\Delta y = 185 \text{ mm} = 0,185 \text{ m}$$

Donde:

- y_f = longitud final del resorte = 245 mm
- y_i = longitud inicial del resorte = 60 mm

A partir del desplazamiento del resorte, se determina la constante (k_R) requerida en el resorte para su fabricación:

$$k_R = \frac{F_R}{\Delta y}$$

$$k_R = \frac{65,6 \text{ N}}{0,185 \text{ m}}$$

$$k_R = 354,6 \text{ N/m} \approx 355 \text{ N/m}$$

Diseño de la palanca de elevación y descenso

De acuerdo con la figura anterior, la fuerza máxima que se debe aplicar en el extremo de la palanca (F_D) para lograr el descenso completo de la paleta de agitación, hasta la posición de contacto con el fondo de la paila, se obtiene aplicando sumatoria de momento en el punto 0:

$$\sum M_0 = 0$$

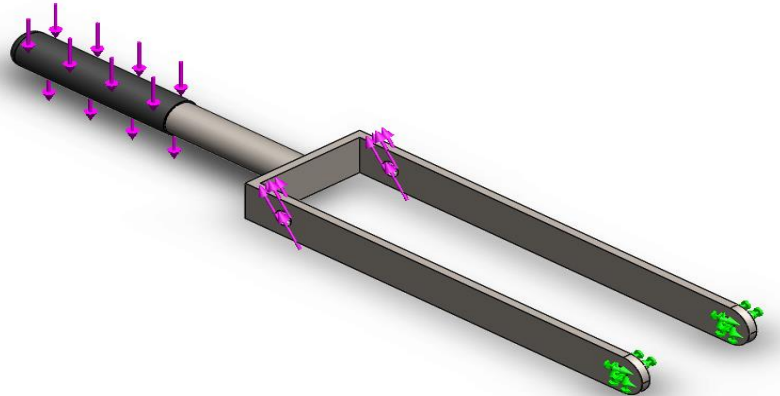
$$-\frac{F_R}{\cos \theta} \cdot 0,22 \text{ m} + F_D \cdot 0,375 \text{ m} = 0$$

$$F_D = \frac{65,6 \text{ N} \cdot 0,22 \text{ m}}{\cos 36^\circ \cdot 0,375 \text{ m}}$$

$$F_D = 47,57 \text{ N}$$

A partir de estas fuerzas se realiza el análisis de esfuerzos de la palanca de elevación y descenso con la ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks).

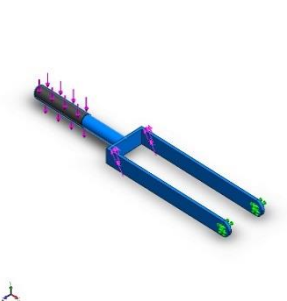
Información de modelo de la palanca de elevación



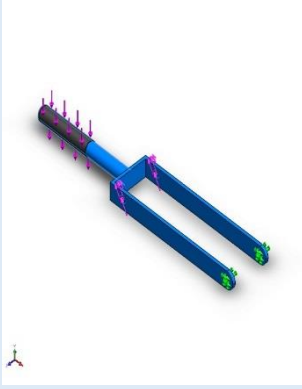
Nombre del modelo: Palanca elevacion-D

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

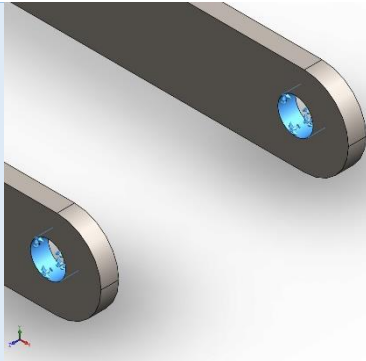
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Revolución2</p> 	Sólido	<p>Masa:0.698322 kg Volumen:8.89583e-005 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:6.84356 N</p>	<p>C:\Users\ANGELO\ Downloads\&Trabaj os SoliD\Helados\Hela dos SolidWorks\Diseno Helados\Palanca elevacion- D.SLDPRT Feb 22 12:47:32 2016</p>

Propiedades del material de la palanca de elevación

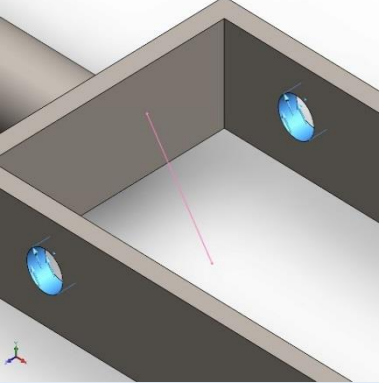
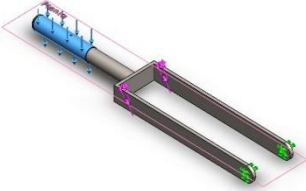
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre:	ASTM A36 Acero
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido
	Límite elástico:	250 N/mm ²
	Límite de tracción:	400 N/mm ²
	Módulo elástico:	200000 N/mm ²
	Coefficiente de Poisson:	0.26
	Densidad:	7850 g/cm ³
	Módulo cortante:	79300 N/mm ²

Datos de curva:N/A

Sujeciones de la palanca de elevación

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	77.1152	-58.5753	0.00175616	96.8392
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

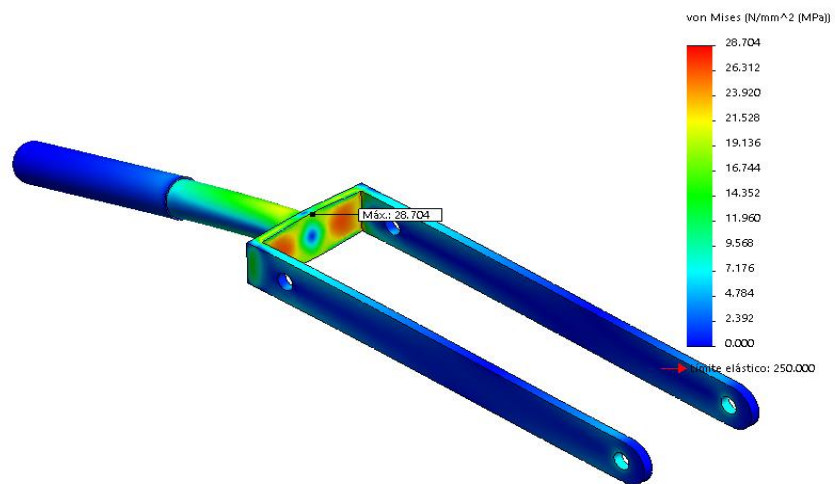
Cargas de la palanca de elevación

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
FR		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 65.6 N
FD		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -47.57 N

Resultados del estudio de la palanca de elevación (tensiones)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	8.86086e-005 N/mm ² (MPa) Nodo: 8511	28.7038 N/mm ² (MPa) Nodo: 2390

Nombre del modelo: Palanca elevacion-D
Nombre de estudio: Analisis estático 1(-Predefinido-)
Tipo de resultado: Analisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 151.137

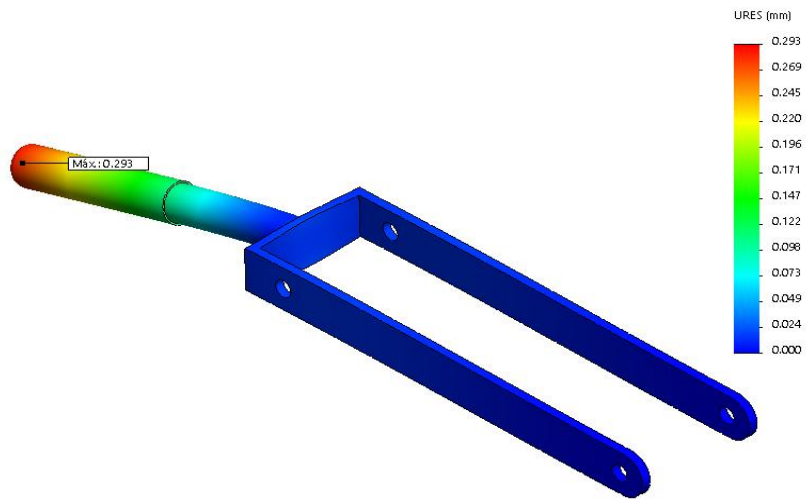


Palanca elevacion-D-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Resultados del estudio de la palanca de elevación (desplazamientos)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 1309	0.293476 mm Nodo: 8511

Nombre del modelo: Palanca elevacion-D
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 151.137

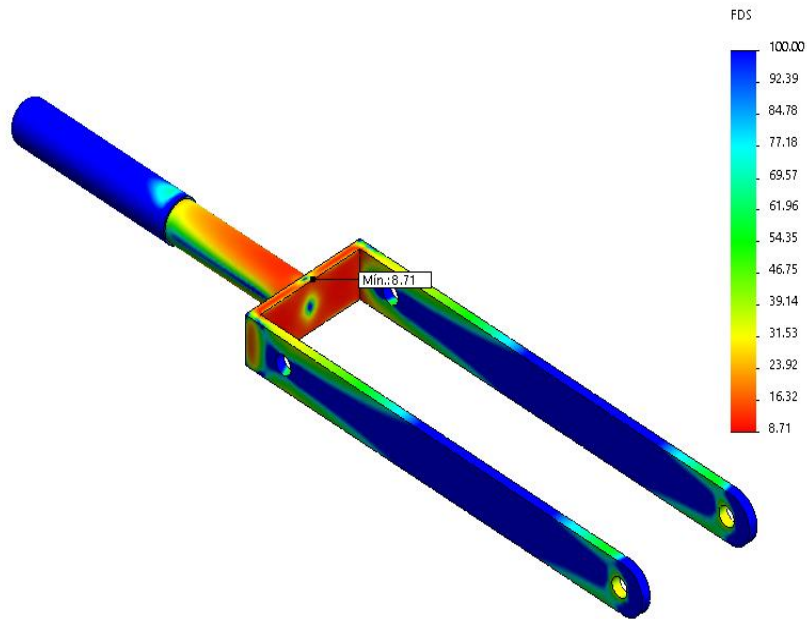


Palanca elevacion-D-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Resultados del estudio de la palanca de elevación (Factor de seguridad)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	8.70966 Nodo: 2390	100 Nodo: 1

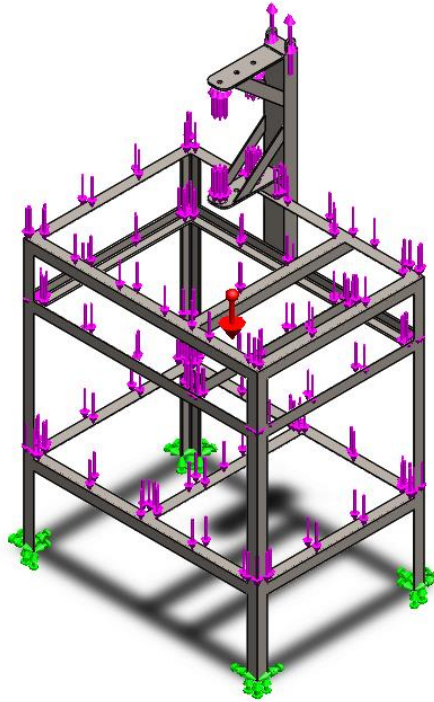
Nombre del modelo: Palanca elevacion-D
Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 8.7



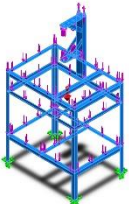
Palanca elevacion-D-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

ANEXO C.
DISEÑO DE LA
ESTRUCTURA
SOPORTE

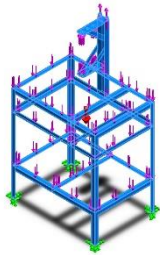
Información de modelo de la estructura soporte



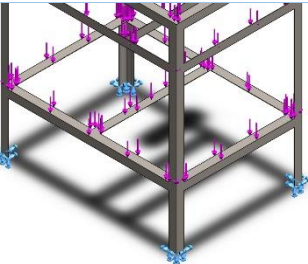
Nombre del modelo: Estructura soporte helados-D
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Línea de partición1 	Sólido	Masa:17.2335 kg Volumen:0.00219535 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:168.888 N	C:\Users\ANGELO\Downloads\&Trabajos Solid\Helados\Helados SolidWorks\Diseno Helados\Estructura soporte helados-D.SLDPRT Feb 22 14:58:45 2016

Propiedades del material de la estructura soporte

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acer Tipo de modelo: Isotrópico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 250 N/mm ² Límite de tracción: 400 N/mm ² Módulo elástico: 200000 N/mm ² Coefficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 g/cm ³ Módulo cortante: 79300 N/mm ²	Sólido 1(Línea de partición1)(Estructura soporte helados-D)
Datos de curva:N/A		

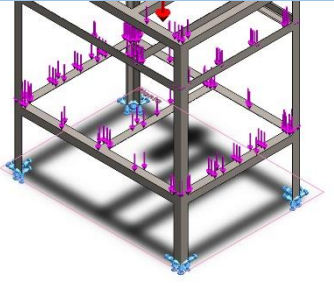
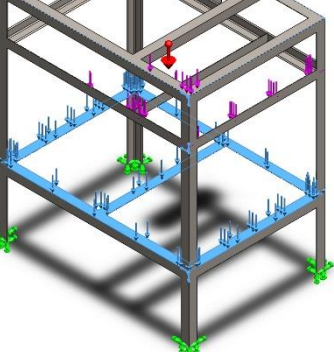
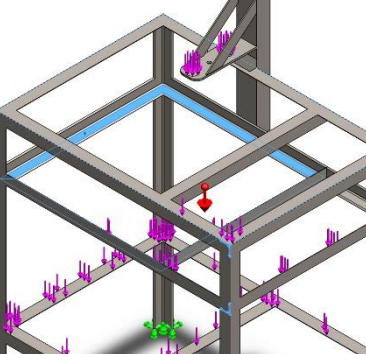
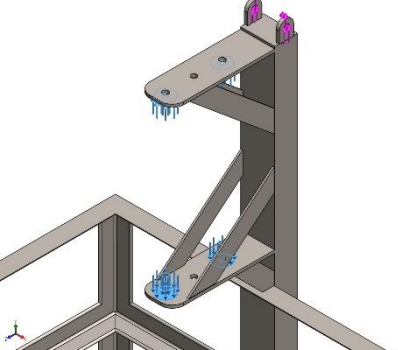
Sujeciones de la estructura soporte

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija

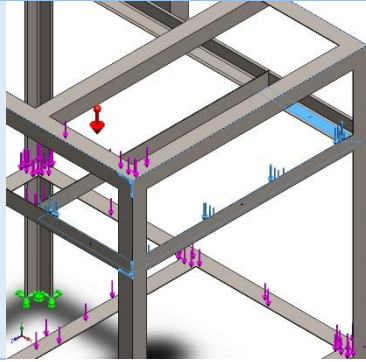
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0203403	1602.06	0.00206764	1602.06
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Cargas de la estructura soporte

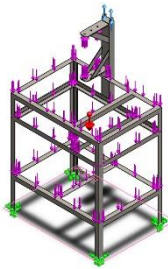
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI
Wcond		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 N
Wevap		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 160 N
FR		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 65.6 N

Welect



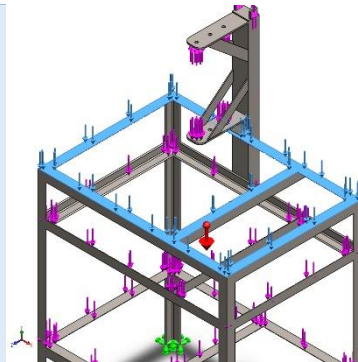
Entidades: 3 cara(s)
Tipo: Aplicar fuerza normal
Valor: 50 N

F0



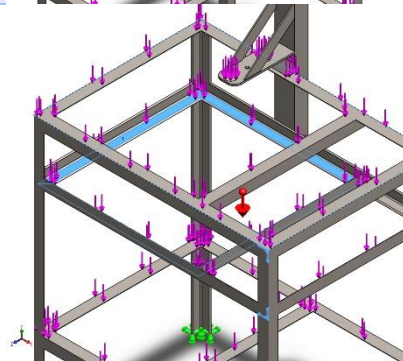
Entidades: 2 cara(s), 1 plano(s)
Referencia: Planta
Tipo: Aplicar fuerza
Valores: ---, ---, 33.51 N

Fcont



Entidades: 1 cara(s)
Tipo: Aplicar fuerza normal
Valor: 120 N

Waisl

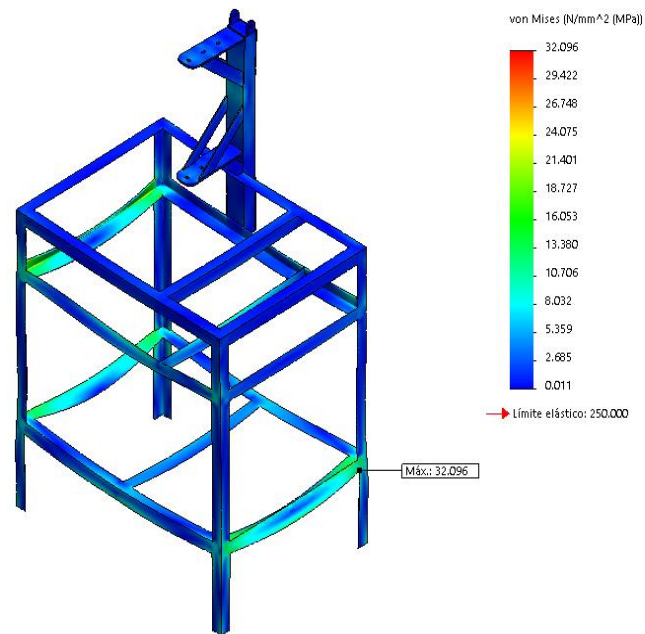


Entidades: 2 cara(s)
Tipo: Aplicar fuerza normal
Valor: 80 N

Resultados del estudio de la estructura soporte (tensiones)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.0114652 N/mm ² (MPa) Nodo: 168068	32.0955 N/mm ² (MPa) Nodo: 76684

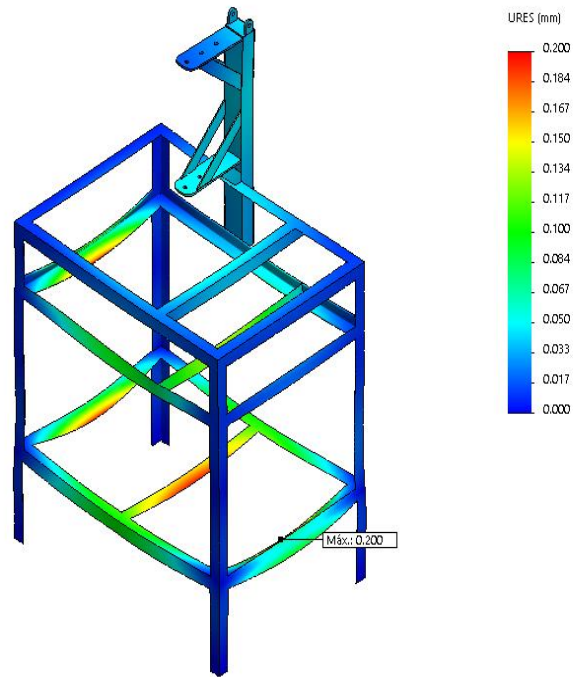
Nombre del modelo: Estructura soporte helados-D
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 200



Resultados del estudio de la estructura soporte (desplazamientos)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 193	0.200468 mm Nodo: 6190

Nombre del modelo: Estructura soporte helados-D
Nombre de estudio: Análisis estático 1- Predeterminado-1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 200

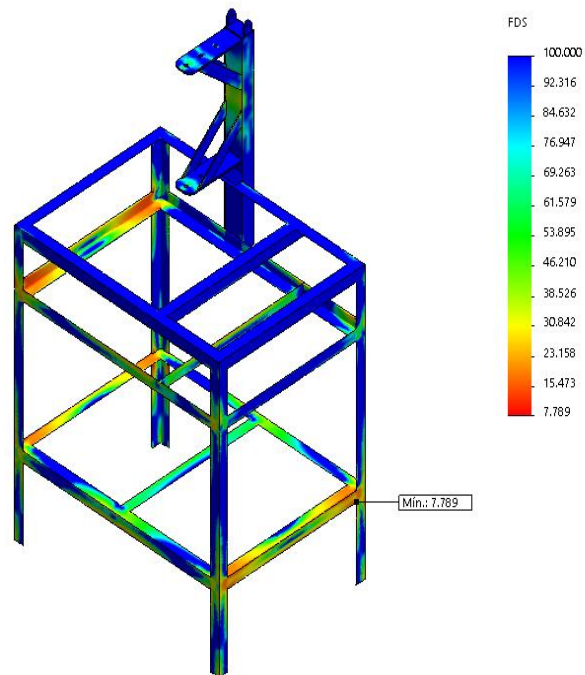


Estructura soporte helados-D-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Resultados del estudio de la estructura soporte (factor de seguridad)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	7.78925 Nodo: 76684	100 Nodo: 1

Nombre del modelo: Estructura soporte helados-D
Nombre de estudio: Análisis estático 1- Predeterminado-
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 7.8



Estructura soporte helados-D-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

ANEXO D.
PROGRAMACIÓN EN
EL SOFTWARE IDE
ARDUINO

Inclusión de las librerías necesarias para el manejo de periféricos:

```
#include <SPI.h>           //Comunicación SPI, protocolo de comunicación con el MAX31855
#include "Adafruit_MAX31855.h" //Librería para uso del sensor MAX31855
#define MAXDO 12          //Señal MISO, envía los datos del transductor al micro controlador
#define MAXCS 10         //Señal CHIP SELECT, determina cuando se va a recibir la información
#define MAXCLK 13        //Señal CLOCK, determina la tasa de transmisión
Adafruit_MAX31855 thermocouple(MAXCLK, MAXCS, MAXDO);
```

Declaración de variables:

Pines de conexión:

```
const int s1 = A3;        //Pin, indicador auxiliar VERDE
const int s11 = A5;       //Pin, alarma de fin de proceso
const int s2 = A2;        //Pin, relé para conectar el sistema de refrigeración
const int IN1 = 9;        //Pin, control PWM para el motor
int VIN = A1;             //Pin, lectura de la corriente
```

Lectura de corriente:

```
long iC = 0;             //Acumulador de corriente
int i = 0;               //Corriente promedio
```

Variables relacionadas con el sistema de refrigeración

```
int ini = 0;            //Encender sistema de refrigeración
int iniT = 0;           //Petición de encender sistema de refrigeración
int cmp = 0;            //Estado del sistema de refrigeración:
                        //0 apagado, 1 encendido
long Tcmp = 0;          //Tiempo que está encendido el sistema de refrigeración
```

Variables relacionadas con el motor

```
int m = 1;             //Estado del motor:
                        //0 apagado, 1 prendido, 2 parado
long Tm = 0;           //Tiempo que está encendido el motor
long Tmm1 = 0;         //Tiempo guardado cuando se para el motor
long Tiempo = 0;       //Tiempo ingresado desde el HMI
```

```

long Tmres = 0;           //Tiempo restante de funcionamiento
int vel = 1;           //Velocidad del motor:
                        //1 baja, 2 media, 3 alta

```

Variables extras:

```

double c = 0;           //Temperatura en °C
int buzz = 0;          //Estado de la alarma de fin de proceso:
                        //0 apagada, 1 encendida
int buzzS = 0;         //Tiempo que esta encendido la alarma
long valSer = 0;       //Tiempo ingresado por el puerto serial (numero)
int guardar = 0;       //Indica cuando se guarda actualiza el tiempo
String inString = "";  //Tiempo ingresado por el puerto serial (string)
long Tmillis = 0;      //Tiempo de funcionamiento en milisegundos
int env1 = 0;          //Unidad de mil del tiempo restante
int env2 = 0;          //Centena del tiempo restante
int env3 = 0;          //Decena del tiempo restante
int env4 = 0;          //Unidad del tiempo restante

```

Configuraciones:

```

void setup() {
  analogWrite(IN1, 0);           //Para motor (DUTY CICLE = 0)
  pinMode(s1, OUTPUT); //Pin, Indicador verde como salida
  pinMode(s11, OUTPUT); //Pin, alarma como salida
  pinMode(s2, OUTPUT); //Pin, relé como salida
  #ifndef ESP8266
    while (!Serial);           //Esperar mientras se habilita la comunicación serial
  #endif
  Serial.begin(4800);           //Baudios de transmisión serial
  delay(100);
}

```

Lectura serial:

```

while (Serial.available() > 0) { //Si hay datos en el puerto serial
  int inChar = Serial.read();    //Leer el Puerto serial
  if (inChar == 'T') {          //Indica que el dato entrante es
    guardar = 1;                //el tiempo de funcionar
  }
  if (inChar == 'C') {          //Preparar sistema de refrigeración
    iniT = 1;
  }
}

```

```

if (inChar == 'c') { //Apagar sistema de refrigeración
    iniT = 0;}
if (inChar == 's') { //Apagar alarma de fin de proceso
    buzz = 0;
    buzzS = 0;}
if (inChar == 'v') { //Motor en velocidad baja
    vel = 1;}
if (inChar == 'V') { //Motor en velocidad media
    vel = 2;}
if (inChar == 'W') { //Motor en velocidad alta
    vel = 3;}
if (inChar == 'M') { //Encender motor
    Serial.println("M"); //Indica al HMI que el motor se ha encendido
    m=1;
    if(Tiempo == 0){ //Si no se ha ingresado un tiempo de funcionamiento
        Tiempo = 300;} //se prende por un periodo de 5 min
    }
if (inChar == 'A') { //Parar el motor
    Serial.println("A"); //Indica que el motor se ha parado
    m=2;}
if (inChar == 'I') { //Petición de los estados del
    if(m==0){ //sistema de refrigeración y motor
        Serial.println("m"); }
    else if(m==1){
        Serial.println("M"); }
    else if(m==2){
        Serial.println("A"); }

    if(cmp==0){
        Serial.println("c"); }
    else if(cmp==1){
        Serial.println("C"); }
    }
if (isDigit(inChar)) { //Si es un numero el dato
    inString += (char)inChar; //se almacena para transformarlo después
    } //en un numero
if(inChar == '\n') {
    if(guardar == 1){
        valSer = inString.toInt(); //Se convierte el dato (string) en
        if(valSer>0){ //dato (numero)
            m=1; //Se colocan las variables en estados
            Tiempo = valSer; //iniciales
            Tm = 0;
            vel = 1;

```

```

    buzz = 0;
    buzzS = 0;
    Serial.println("M");           //Se indica que el motor se ha encendido
  }else{
  }
  guardar == 0;
  inString = "";
}
}

```

Encendido del sistema de refrigeración:

```

c = thermocouple.readCelsius(); //Lectura de la temperatura
if (isnan(c)) {                 //Si la temperatura es > 0,
} else {                         //se ha solicitado desde el HMI encender
if(iniT==1){                     //el sistema de refrigeración y el
if(Tcmp==0){                     //contador de tiempo es = 0
ini = 1;}}                      //se enciende el sistema

```

Sensado de la corriente:

```

iC = 0;                          //Inicialización del acumulador
for(i=1;i<20;i++){               //Se suman 20 datos correspondientes
iC = iC+analogRead(VIN);}       //a la corriente
iC = iC/20;                      //Se saca la corriente promedio

```

Gestión del sistema de refrigeración:

```

if(ini == 1){                    //Petición de encender el sistema de //refrigeración
if((cmp == 0) && (Tcmp == 0)){   //Se enciende si ha estado apagado y no ha
digitalWrite(s2, HIGH);        //transcurriendo el tiempo de funcionamiento
Serial.println("C");
cmp = 1;
}
if((cmp == 1) && (Tcmp >= 5400)){ //Si ha superado 1h30min se apaga automática
digitalWrite(s2, LOW);        //el sistema y se espera 400seg para
Tcmp = 400;                   //volver a encenderlo
Serial.println("c");
cmp = 0;
ini = 0;
iniT = 0;

```

```

}
if(iniT == 0){                                     //Si se solicita desde el HMI apagar el sistema
    digitalWrite(s2, LOW);                         //se lo hace inmediatamente
    Tcmp = 400;
    Serial.println("c");
    cmp = 0;
    ini = 0;
}
}

```

Gestión del motor:

```

if(Tiempo>0){                                     //Si se ha ingresado un tiempo por
    if(m==1){                                     //el HMI se enciende inmediatamente el motor
        if((vel == 1)){                         //con la velocidad indicada
            analogWrite(IN1, 80);
            if((iC>170)){
                Serial.println("A");           //Velocidad baja (DUTY CICLE=80) y la corriente supera
                m=0;                           //1A (80) se para el motor
                Tmm1= Tm;                       //Se guarda el tiempo actual para reanudarlo
                Tm = 0;                         //cuando se lo indique el HMI
            }
        }else if(vel == 2){
            analogWrite(IN1, 120);             //Velocidad media (DUTY CICLE=120) y la corriente supera
            if((iC>240)){                       //2.5A (240)se para el motor
                Serial.println("A");
                m=0;
                Tmm1= Tm;                       //Se guarda el tiempo actual para reanudarlo
                Tm = 0;                         //cuando se lo indique el HMI
            }
        }else if (vel == 3){
            analogWrite(IN1, 150);             //Velocidad alta (DUTY CICLE=150) y la corriente supera
            if((iC>320)){                       //4A (320) se para el motor
                Serial.println("A");
                m=0;
                Tmm1= Tm;                       //Se guarda el tiempo actual para reanudarlo
                Tm = 0;                         //cuando se lo indique el HMI
            }
        }else{}
        if(Tm>=Tiempo){                         //Si el tiempo actual supera al tiempo
            buzz = 1;                           //ingresado se apaga todo el proceso
            Tiempo = 0;
            Serial.println("m");
        }
    }
}

```

```

}
}else if(m==0){
    analogWrite(IN1, 0);          //Si se paró por sobrecorriente después de
    if(Tm>30){                    //30seg se intenta volver a encender
        m=1;                      //Se actualiza el tiempo con el que se guardo
        Tm = Tmm1;                //al momento de la sobrecorriente
    }

}

}else{
    analogWrite(IN1, 0);          //Si el motor está parado se cola 0 de DUTY CICLE
}

}else{
    analogWrite(IN1, 0);          //Si el tiempo ingresado es = 0
    m=0;                          //se detiene el proceso y las variables
    Tm = 0;                        //regresan a condiciones iniciales
    Tmm1 = 0;
    vel = 1;
}
}

```

Generador de segundos y envío de datos:

```

if (millis())>Tmillis+1000){      //Se actualiza cada segundo
    timerIsr();                    //Se actualizan los contadores del
    Tmillis = millis();            //sistema de refrigeración y el motor
    Serial.println("T");
    Tmres = Tiempo - Tm;           //Cálculo del tiempo restante
    env1 = Tmres/1000;
    Serial.println(env1);          //Enviar la unidad de mil del tiempo restante al HMI
    env2 = (Tmres - env1*1000)/100;
    Serial.println(env2);          //Enviar centena del tiempo restante al HMI
    env3 = (Tmres - env1*1000 - env2*100)/10;
    Serial.println(env3);          //Enviar decena tiempo restante al HMI
    env4 = (Tmres - env1*1000 - env2*100 - env3*10);
    Serial.println(env4);          //Enviar la unidad del tiempo restante al HMI

    if(buzz==1){                  //Si se a concluido el proceso
        digitalWrite(s1, HIGH);    //se enciende 50ms la alarma
        digitalWrite(s11, HIGH);   //y se apaga 950ms
        delay(50);
        digitalWrite(s1, LOW);
        digitalWrite(s11, LOW);
        buzzS++;
        if(buzzS == 120){          //Si ha pasado sonando más de 2ms

```

```

        buzz = 0;                                //se apaga automáticamente la alarma
        buzzS = 0;
    }
}
}

```

Actualización de contadores del sistema de refrigeración y el motor:

```

void timerIsr()
{
    if((m<2) && (Tiempo>Tm)){                    //Si el motor está en marcha y se ha ingresado un tiempo
        Tm++;}                                    //empieza a sumar el contador
    if(Tm>3600){                                  //El tiempo no puede ser mayor a 1h
        Tm = 3600;}
    if(Tm<0){                                     //Ni menor a 0seg
        Tm = 0;}

    if(cmp==1){                                   //Si el sistema de refrigeración esta encendido
        Tcmp++;}                                  //empieza a sumar el contador
    if(cmp==0){
        Tcmp--;}
    if(Tcmp>5400){                                //El tiempo no puede ser mayor a 1h30min
        Tcmp = 5400;}
    if(Tcmp<0){                                   //Ni menor a 0seg
        Tcmp = 0;}
}

```


ANEXO E.

PROGRAMACIÓN EN

EL SOFTWARE IDE

ANDROID STUDIO

Código JAVA (fuente):

Inclusión de librerías necesarias:

```
import android.app.Activity; //Manejo de actividades android
import android.content.Context;
import android.content.Intent;
import android.graphics.drawable.Drawable; //Manejo de imágenes
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener; //Manejo de CLICKs sobre botones
import android.widget.Button; //Manejo de botones
import android.widget.ImageView; //Manejo de contenedores de imágenes
import android.widget.TextView; //Manejo de cuadros de texto
import com.hoho.android.usbserial.driver.UsbSerialDriver; //Manejo del puerto serie
import com.hoho.android.usbserial.util.SerialInputOutputManager;

Declaración de variables:

TextView tTiempo; //Cuadro de texto que contiene el tiempo
Button bTBaja; //Botón de velocidad baja
Button bTMedia; //Botón de velocidad media
Button bTAlta; //Botón de velocidad alta
Button bPMotor; //Botón para encender el motor
Button bAMotor; //Botón para parar el motor
Button bPComp; //Botón para preparar el sistema de enfriamiento
Button bAComp; //Botón para detener el sistema de enfriamiento
Button bAAlarma; //Botón para detener la alarma de fin de proceso
Button bTIniciar; //Botón para iniciar el proceso

ImageView iComp; //Imagen que contiene el estado del Sistema de //enfriamiento
ImageView iMotor; //Imagen que contiene el estado del motor
Drawable[] drawables = null; //Vector que tiene las imagines rojo, Amarillo y verde
String num = ""; //String que contiene la hora a desplegar
```

Instanciar elementos:

```
drawables = new Drawable[]{ //Se relacionan las variables creadas en el
    getResources().getDrawable(R.drawable.lgreen), //Código JAVA con los //elementos
    getResources().getDrawable(R.drawable.lred), // de la parte grafica
    getResources().getDrawable(R.drawable.lyellow),
};
```

```

bTBaja = (Button) findViewById(R.id.bTBaja);
bTMedia = (Button) findViewById(R.id.bTMedia);
bTAlta = (Button) findViewById(R.id.bTAlta);
bPMotor = (Button) findViewById(R.id.bPMotor);
bAMotor = (Button) findViewById(R.id.bAMotor);
bTIniciar = (Button) findViewById(R.id.bTIniciar);
bPComp = (Button) findViewById(R.id.bPComp);
bAComp = (Button) findViewById(R.id.bAComp);
iComp = (ImageView) findViewById(R.id.iComp);
iMotor = (ImageView) findViewById(R.id.iMotor);
tTiempo = (TextView) findViewById(R.id.tTiempo);
bAAlarma = (Button) findViewById(R.id.bAAlarma);

```

Configuración del puerto serie:

```

Log.d(TAG, "Resumed, sDriver=" + sDriver);
if (sDriver == null) {
} else {
    try {
        sDriver.open();           //Abrir el puerto serie
        sDriver.setParameters(4800, 8, UsbSerialDriver.STOPBITS_1,
UsbSerialDriver.PARITY_NONE); //Configurar el puerto serie de igual manera que
                                //el micro controlador
    } catch (IOException e) {
        Log.e(TAG, "Error setting up device: " + e.getMessage(), e);
        try {
            sDriver.close();       //Si es que no se pudo configurar el puerto se
        } catch (IOException e2) { //cierra la sesión
            // Ignore.
        }
        sDriver = null;
        return;
    }
}
onDeviceStateChange();

```

```

byte[] opt;
String se = "\n";           //En el momento que se haya inicializado el puerto
opt = se.getBytes();       //Se escribe l para conocer el estado del sistema de
try {                       //refrigeración y el motor
    sDriver.write(opt, 15);

```

```

} catch (IOException e) {
    // TODO Auto-generated catch block
    e.printStackTrace();
}

```

Lectura del puerto serie:

```

private void updateReceivedData(byte[] data) {
    String a= new String(data);           //Lectura del puerto serial
    try {
        switch (data[0]){
            case 'C':
                iComp.setImageDrawable(drawables[0]); //Si se ha recibido la letra C se //coloca la
                break;                               //imagen verde en el indicador iComp

            case 'c':
                iComp.setImageDrawable(drawables[1]); //Si se ha recibido la letra c se //coloca la
                break;                               //imagen roja en el indicador iComp

            case 'M':
                iMotor.setImageDrawable(drawables[0]); //Si se ha recibido la letra M se //coloca la
                break;                               //imagen verde en el indicador iMotor

            case 'A':
                iMotor.setImageDrawable(drawables[2]); //Si se ha recibido la letra A se //coloca la
                break;                               //imagen amarilla en el indicador iMotor
            case 'm':
                iMotor.setImageDrawable(drawables[1]); //Si se ha recibido la letra m se //coloca la
                break;                               //imagen roja en el indicador iMotor
            case 'T':
                //Si se ha recibido la letra T se //empieza a
                num = "";                          //formar el número del tiempo con //los
                break;                              //siguientes datos
            default:
                if((data[0]>47)&&(data[0]<59)){      //Se guardan los datos que solo
                    num = num+a;                  //correspondan a numeros
                    if(num.length()>3){
                        int tF = Integer.parseInt(num); //Se realiza la //transformación de
                    }
                }
                int min = tF/60; //segundos a minutos y //segundos
                int seg = tF-min*60;
                String env = "";
                if(min<10){ //Se forma el string en formato //mm:ss
                    env = "0"+Integer.toString(min)+"."; //Si los minutos son < 10 se //coloca un cero
                }else{ //por delante para mantener //el formato

```

```

        env = Integer.toString(min)+":"; //caso contrario se lo coloca directo
    }
    if(seg<10){
        env = env+"0"+Integer.toString(seg); //Si los minutos son < 10 se //coloca un
cero
    }else{ //por delante para mantener //el formato
        env = env+Integer.toString(seg); //caso contrario se lo coloca directo
    }

    tTiempo.setText(env);} //Una vez que se tiene el string total
    } //se despliega en el cuadro de texto
    break;
}
}catch (Exception e)
{ }
}

```

Lectura de botones:

```

bTBaja.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    public void onClick(View view) {
        byte[] opt;
        String se = "\n"; //Si se presiona el botón bajo se envía
        opt = se.getBytes(); //por el puerto serial la letra "V"
        sDriver.write(opt, 15);
    }
});

bTMedia.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        byte[] opt;
        String se = "\n"; //Si se presiona el botón media se envía
        opt = se.getBytes(); //por el puerto serial la letra "V"
        sDriver.write(opt, 15);
    }
});

bTAlta.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        byte[] opt;
        String se = "\n"; //Si se presiona el botón alto se envía
        opt = se.getBytes(); //por el puerto serial la letra "W"
        sDriver.write(opt, 15);
    }
});

```

```
}  
});
```

```
bTIniciar.setOnClickListener(new OnClickListener() {  
    @Override  
    public void onClick(View view) {  
        byte[] opt;  
        String se = "T" + Integer.toString(2400) + "\n";    //Si se presiona el botón //iniciar se  
envía  
        opt = se.getBytes();    //por el puerto serial "T2400"  
        sDriver.write(opt, 15);  
    }  
});
```

```
bPMotor.setOnClickListener(new OnClickListener() {  
    @Override  
    public void onClick(View view) {  
        byte[] opt;  
        String se = "M\n";    //Si se presiona el botón prender motor se envía  
        opt = se.getBytes();    //por el puerto serial la letra "M"  
        sDriver.write(opt, 15);  
    }  
});
```

```
bAMotor.setOnClickListener(new OnClickListener() {  
    @Override  
    public void onClick(View view) {  
        byte[] opt;  
        String se = "A\n";    //Si se presiona el botón apagar motor se envía  
        opt = se.getBytes();    //por el puerto serial la letra "A"  
        sDriver.write(opt, 15);  
    }  
});
```

```
bPComp.setOnClickListener(new OnClickListener() {  
    @Override  
    public void onClick(View view) {  
        byte[] opt;  
        String se = "C\n";    //Si se presiona el botón prender bomba se envía  
        opt = se.getBytes();    //por el puerto serial la letra "C"  
        sDriver.write(opt, 15);  
    }  
});
```

```
bAComp.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        byte[] opt;
        String se = "c\n";           //Si se presiona el botón apagar bomba se envía
        opt = se.getBytes();         //por el puerto serial la letra "c"
        sDriver.write(opt, 15);
    }
});
```

```
bAAlarma.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View view) {
        byte[] opt;
        String se = "s\n";           //Si se presiona el botón apagar alarma se envía
        opt = se.getBytes();         //por el puerto serial la letra "s"
        sDriver.write(opt, 15);
    }
});
```

ANEXO F.
TABLA DE PROPIEDADES
TÉRMICAS DE LOS
DIFERENTES
COMPONENTES PARA
HELADOS

ANEXO G.
TABLA DE LAS
PROPIEDADES TÉRMICAS
DE LOS ALIMENTOS

ANEXO H.

**TABLA DE PROPIEDADES
DEL AIRE A LA PRESIÓN
DE UNA ATMÓSFERA**

ANEXO I.

TABLA DE LA

CORRELACIÓN EMPÍRICA

DEL NÚMERO PROMEDIO

DE NUSSELT PARA LA

CONVECCIÓN NATURAL

SOBRE SUPERFICIES

ANEXO J.
TABLA DE LAS
PROPIEDADES DE LOS NO
METALES

**ANEXO K.
TABLA DE LAS
PROPIEDADES DE LOS
VALORES DE LOS
METALES**

ANEXO L.

**VISCOSIDAD PROMEDIO DE
LA MEZCLA DEL HELADO**

ANEXO M.
NÚMERO DE REYNOLDS

ANEXO N.
CATÁLOGO DE MOTORES
KING

ANEXO O.

PLANOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Angelo Damian Carvajal Ibarra y Freddy Vladimir Lizano Ortiz.

En la ciudad de Latacunga a los 02 días del mes de marzo del 2016.

Aprobado por:

Ing. Freddy Salazar

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Katya Torres

DIRECTORA DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO