

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño y prototipado de una máquina  
fermentadora de café para mejorar las  
características organolépticas de la variedad  
Catimor en la provincia de Chanchamayo**

Wilder David Contreras Perez  
Jeanpaul Dario Huaman Laura  
Luis Miguel Meza Huayta

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# DISEÑO Y PROTOTIPADO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE CAFÉ

## INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	5%
3	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://www.minem.gob.pe">www.minem.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://cdigital.dgb.uanl.mx">cdigital.dgb.uanl.mx</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="https://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	

<1 %

10

[dspace.esPOCH.edu.ec](https://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

11

[www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

<1 %

12

[baixardoc.com](https://baixardoc.com)

Fuente de Internet

<1 %

13

Submitted to Universidad Internacional del Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

14

[revistas.untrm.edu.pe](https://revistas.untrm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

15

[theses.gla.ac.uk](https://theses.gla.ac.uk)

Fuente de Internet

<1 %

16

Darla Calderon, Wedleys Tejedor, Orlando Melgar, Abelardo Franco. "Effect of the type of fermenter on the cocoa fermentation process and quality of the cacao beans", 2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), 2022

Publicación

<1 %

17

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

18	<a href="http://respuestascortas.com.mx">respuestascortas.com.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://dokumen.site">dokumen.site</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://pregunta.pe">pregunta.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://edoc.pub">edoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://theses.hal.science">theses.hal.science</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://ntrs.nasa.gov">ntrs.nasa.gov</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://repository.unipiloto.edu.co">repository.unipiloto.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repository.unimilitar.edu.co">repository.unimilitar.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

30

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

<1 %

31

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

32

filedump.se.rit.edu

Fuente de Internet

<1 %

33

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

34

Almanza Gonzalez Gerardo,Granados Hernandez Rosa Maria. "Autorregulacion del aprendizaje en adultos que acuden al INEA : diseño y validacion de un tutorial por computadora", TESIUNAM, 2006

Publicación

<1 %

35

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

36

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

37

repositorio.esumer.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

38

www.telenor.com

Fuente de Internet

<1 %

39

Submitted to University of Glasgow

Trabajo del estudiante

<1 %

40	<a href="http://www.kapsarc.org">www.kapsarc.org</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://acikbilim.yok.gov.tr">acikbilim.yok.gov.tr</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://jscafe.net">jscafe.net</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://repositorio.umsa.bo">repositorio.umsa.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://cia.uagraria.edu.ec">cia.uagraria.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://fccid.io">fccid.io</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

52	<a href="http://repositorio.ulima.edu.pe">repositorio.ulima.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://www.sbv-usp.ch">www.sbv-usp.ch</a> Fuente de Internet	<1 %
54	Juarez Roman Juan Manuel. "Procesos de desinfeccion del aguas en plantas purificadoras", TESIUNAM, 2004 Publicación	<1 %
55	<a href="http://m.repositorio.unj.edu.pe">m.repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://scholar.sun.ac.za">scholar.sun.ac.za</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.repositorio.upla.edu.pe">www.repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://www.unidaddelvocero.com">www.unidaddelvocero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
62	Miguel Crespo Celda. "Análisis de las estrategias de innovación de federaciones deportivas internacionales y de federaciones	<1 %



# de tenis nacionales", Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

63

Urbina Cardona José Nicolas. "Evaluacion del efecto de borde sobre la composicion de la comunidad de herpetofauna en areas con diferente uso del suelo y orientacion del borde en la reserva Los Tuxtlas, Veracruz", TESIUNAM, 2007

Publicación

<1 %

64

[cms.husqvarna.com](https://cms.husqvarna.com)

Fuente de Internet

<1 %

65

[doi.org](https://doi.org)

Fuente de Internet

<1 %

66

[gastronomiaenvenezuela.com](https://gastronomiaenvenezuela.com)

Fuente de Internet

<1 %

67

[investigacionenmorroaeduartistica.blogspot.com](https://investigacionenmorroaeduartistica.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1 %

68

[repositorio.ug.edu.ec](https://repositorio.ug.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

69

[repositorio.une.edu.pe](https://repositorio.une.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

70

[repositorio.unjfsc.edu.pe](https://repositorio.unjfsc.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

71

[repositorio.upla.edu.pe](https://repositorio.upla.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

72

vdoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

---

73

John C Williams, Philip N Tubiolo, Jacob R Luceno, Jared X Van Snellenberg. "Advancing motion denoising of multiband resting state functional connectivity fMRI data", Cold Spring Harbor Laboratory, 2020

Publicación

<1 %

---

74

Klaus-Jürgen Peschges, Steffen Manser. "Strömungsklausur im Nacken?", Springer Science and Business Media LLC, 2020

Publicación

<1 %

---

75

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

**ASESOR**  
**Ma. RAFAEL DE LA CRUZ CASAÑO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirnos continuar avanzando, otorgándonos el vigor necesario para realizar nuestra finalidad planteada.

A nuestros progenitores, quienes han sido la iluminación y los esenciales iniciadores de nuestros anhelos.

A nuestros hermanos, por permanecer a nuestro lado y proporcionar su apoyo en la vida universitaria.

A nuestros docentes, por su doctrina de distribuir sus intelectos a lo largo de la vida universitaria.

## **DEDICATORIA**

A nuestra casta, por asistir en toda ocasión con su tiempo, valentía y conocimiento para alcanzar los objetivos planteados, quienes con los meritorios aperebimientos nos encaminaron a proceder contra los obstáculos que se manifestaron en el recorrido de la investigación tecnológica.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Asesor.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria .....	iv
Índice de contenido .....	v
Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Introducción .....	xiii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>16</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	16
1.2. Formulación del problema .....	18
1.2.1. Problema general .....	18
1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.3. Objetivos .....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Justificación.....	19
1.4.1. Justificación metodológica.....	19
1.4.2. Justificación práctica.....	19
1.4.3. Justificación social .....	19
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	21
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	23
2.2. Bases teóricas .....	25
2.2.1. Fundamentos teóricos .....	25
2.2.1.1. Café.....	25
2.2.1.2. Procesos del café.....	25
2.2.1.3. Variedades de café .....	26
2.2.1.4. Propiedades organolépticas.....	26
2.2.1.5. Tipos de fermentado.....	27
2.2.1.6. Diseño de estructura.....	28

2.2.1.7. Materiales.....	29
2.2.1.8. Diseño de la máquina.....	31
2.2.1.9. Transferencia de calor.....	32
2.2.1.10. Temperatura ambiental.....	35
2.2.1.11. Sistema eléctrico.....	36
2.2.1.12. Proceso anaeróbico.....	38
2.2.2. Definición de términos básicos.....	38
2.2.2.1. Metodología de diseño.....	38
2.2.2.2. Proceso de diseño de sistemas mecánicos.....	38
2.2.2.3. Álabes de refrigeración.....	39
2.2.2.4. Pirómetro.....	39
2.2.2.5. Sensor de temperatura.....	39
2.2.2.6. Ventiladores.....	39
2.2.2.7. Temporizador.....	40
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>41</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
3.1. Metodología y tipo de investigación.....	41
3.1.1. Tipo de investigación.....	41
3.1.2. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.....	41
3.1.2.1. Diagrama de la metodología modificada.....	43
3.1.2.2. Descripción de la metodología modificada por fases y etapas.....	44
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>48</b>
<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Identificación de requerimientos.....	48
4.1.1. Fase I: comprensión de la solicitud.....	48
4.1.1.1. Identificación de requerimientos.....	48
4.2. Análisis de la solución.....	54
4.2.1. Fase II: Análisis de la solución.....	54
4.2.1.1. Secuencia de operaciones.....	54
4.2.2. Fase III. Elaboración del proyecto.....	65
4.2.2.1. Proyecto preliminar.....	65
4.2.2.2. Simulaciones por elementos finitos.....	79
4.2.2.3. Presentación del diseño final.....	80
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>81</b>
<b>CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>81</b>
5.1. Construcción de la máquina.....	81
5.1.1. Fase IV. Fabricación del prototipo.....	81

5.1.1.1. Prototipado del diseño.....	81
5.2. Pruebas y resultados.....	89
5.2.1. Validación del diseño con una muestra por fermentado tradicional y otra obtenida con el prototipo .....	89
5.2.2. Validación del diseño con muestras de fermentado con el prototipo a diferentes tiempos.....	91
5.2.2.1. Hipótesis estadística.....	91
5.3. Presupuesto de la máquina .....	94
5.3.1. Fase v. Ingeniería de detalles.....	94
5.3.1.1. Documentación de detalles .....	94
5.3.1.2. Costos.....	94
<b>Conclusiones .....</b>	<b>100</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>101</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>102</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>104</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos poscosecha de café .....	17
Figura 2. Flujograma del café .....	18
Figura 3. Rangos de temperatura .....	35
Figura 4. Promedio de la velocidad media del viento.....	36
Figura 5. Fases de fermentación anaerobia.....	38
Figura 6. Metodología VDI 2221 como base para ser modificada a nuestras necesidades de diseño .....	42
Figura 7. Metodología modificada para el proyecto de tesis .....	43
Figura 8. Fermentador orientado a mejorar el proceso de fermentación modelo CA-D1H.....	49
Figura 9. Compacto ecológico de un disco modelo PR1-D2.....	50
Figura 10. Prototipo del fermentador de cacao.....	50
Figura 11. Caja negra.....	55
Figura 12. Caja blanca .....	56
Figura 13. Alternativa de solución 1 .....	60
Figura 14. Alternativa de solución 2.....	61
Figura 15. Alternativa de solución 3.....	61
Figura 16. Gráfico de evaluación técnica vs. económica.....	64
Figura 17. Partes externas e internas del tanque principal.....	65
Figura 18. Cámaras interiores de la máquina.....	66
Figura 19. Tapa superior de la máquina.....	66
Figura 20. Modelo final de la máquina fermentadora de café .....	67
Figura 21. Modelo final de la fermentadora, donde: «A» estructura del soporte .....	68
Figura 22. Modelo de la estructura .....	68
Figura 23 Modelo interior de la máquina, donde: «B» la tercera cámara de fermentación ....	70
Figura 24. Modelo de la parrilla móvil .....	71
Figura 25. Modelo interior de la máquina, donde: «C» la tercera cámara de fermentación ....	72
Figura 26. Modelo interior de la máquina, donde se realizará la fermentación.....	73
Figura 27. Modelo final de la fermentadora, donde: «D» es la primera cámara de fermentación donde se encuentra la resistencia eléctrica.....	75
Figura 28. Modelo de la resistencia eléctrica.....	75
Figura 29. Modelo final de la fermentadora, donde: «D» son los ventiladores de refrigeración .....	77

Figura 30. Modelo del ventilador de refrigeración .....	77
Figura 31. Modelado del esfuerzo de la estructura .....	79
Figura 32. Modelado de la deformación de la parrilla móvil, por la carga de café .....	79
Figura 33. Modelado del factor de seguridad en la parrilla móvil .....	80
Figura 34. Plano de ensamble de la máquina fermentadora de café diseñada .....	80
Figura 35. DOP estructura de la máquina .....	82
Figura 36. Fabricación del cilindro de fermentado .....	83
Figura 37. Fabricación del sistema de refrigeración .....	84
Figura 38. Modelo del sistema de mando .....	85
Figura 39. Conexiones eléctricas internas.....	85
Figura 40. Funcionamiento del tablero de control .....	86
Figura 41. Ensamblaje de todos los componentes de la máquina .....	87
Figura 42. Ensamblaje de los componentes de refrigeración.....	88
Figura 43. Ensamble del panel de control.....	89
Figura 44. Resultados de la calificación organoléptica según la muestra de café fermentado tradicionalmente, obteniendo un puntaje de 75.50 .....	90
Figura 45. Resultado de una muestra de café tratado con la máquina fermentadora de café obtuvo un puntaje de 84.50 considerado un café especial .....	91
Figura 46. Gráfico del promedio de las calificaciones organolépticas de los catadores por muestras .....	93
Figura 47. Costo mensual de fabricación del prototipo .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los aceros según ASTM .....	28
Tabla 2. Ficha técnica del acero inoxidable.....	30
Tabla 3. Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI .....	31
Tabla 4. Calor específico de diferentes sustancias.....	32
Tabla 5. Propiedades de alimentos comunes .....	33
Tabla 6. Propiedades del aire saturado.....	34
Tabla 7. Temperatura máxima y mínima media mensual en estación Chanchamayo (2016 – 2018).....	35
Tabla 8. densidad relacionada a la temperatura .....	36
Tabla 9. Resistividad de materiales .....	37
Tabla 10. Ficha técnica del ventilador Thunder cool.....	39
Tabla 11. Lista de exigencias.....	51
Tabla 12. Tabla de plan de actividades .....	53
Tabla 13. Búsqueda de la solución con la matriz morfológica .....	57
Tabla 14. Análisis técnico de solución.....	62
Tabla 15. Análisis económico de la solución.....	63
Tabla 16. Análisis técnico vs económico.....	63
Tabla 17. Símbolos de diagrama de operaciones (DOP) .....	81
Tabla 18. Matriz de datos obtenidos, donde las columnas representan los bloques donde están los catadores con la calificación total por muestra y en las filas están los tratamientos que representan las cuatro muestras según los tiempos de fermentado .....	92
Tabla 19. Cuadro resumen estadístico por muestras y catadores.....	92
Tabla 20. Cuadro de resultados del análisis de varianza.....	92
Tabla 21. Cuadro promedio de la calificación organoléptica de las muestras de fermentado a diferentes tiempos .....	93
Tabla 22. Costos mensuales en el desarrollo del proyecto de tesis.....	95
Tabla 23. Costos adicionales para la elaboración del borrador de tesis.....	97
Tabla 24. Costo de materiales directos .....	98

## RESUMEN

La siguiente investigación tuvo como objetivo el diseñar y prototipar una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo. Esta máquina permitirá incrementar su valor en el mercado internacional al café peruano, que es uno de los mejores cafés del mundo, de esta forma, mejorarán sus ingresos las familias caficultoras. Con el diseño de la presente máquina se disminuirá el tiempo de fermentado que es un aproximado de 24 a 12 horas y mejorará las propiedades sensoriales que tiene el café al momento de degustar en taza.

El planteamiento del problema, para el diseño de la máquina fermentadora que elevará los gustos organolépticos y reducir el tiempo de fermentado del café, se basó en los estudios iniciales de las necesidades de los caficultores en la provincia de Chanchamayo.

Para el proceso de diseño de la máquina, elegimos una metodología adaptada a la norma alemana VDI2221 con 5 fases, que permitió entender de la mejor manera cuáles son los pasos por seguir para concluir con el diseño proyectado.

Finalmente, se logró diseñar y prototipar la máquina fermentadora de café, siendo un trabajo innovador en la técnica de fermentación, ya que se buscó imitar el procedimiento de fermentación del sistema digestivo del coatí, de esta forma permite añadir aromas frutales a los granos de café. En la prueba de validación se logró elevar 5.25 puntos alcanzando los objetivos planteados y, de esta forma, se beneficiará a la población caficultora de la localidad de Chanchamayo, ya que al mejorar el rendimiento en taza, el producto va a mejorar el precio en el mercado.

## **ABSTRACT**

The following research had the objective of designing and prototyping a coffee fermenting machine to improve the organoleptic characteristics of the catimor variety in the province of Chanchamayo. This machine will increase the value of Peruvian coffee, which is one of the best coffees in the world, in the international market, thus improving the income of coffee growing families. With the design of this machine, the fermentation time, which is 24 to 12 hours, will be reduced and the sensory properties of the coffee will be improved when it is tasted in a cup.

The problem statement, for the design of the fermenting machine that will increase the organoleptic tastes and reduce the fermentation time of coffee, was based on the initial studies of the needs of coffee growers in the province of Chanchamayo.

For the design process of the machine, we chose a methodology adapted to the German standard VDI2221 with five phases, which allowed us to understand in the best way which are the steps to follow to conclude with the projected design.

Finally, it was possible to design and prototype the coffee fermentation machine, being an innovative work in the fermentation technique, since it sought to imitate the fermentation procedure of the digestive system of the coatí, thus allowing the addition of fruity aromas to the coffee beans. In the validation test, a 5.25-point increase was achieved, reaching the proposed objectives, and thus benefiting the coffee-growing population of the town of Chanchamayo, since improving the cup yield will improve the price of the product in the market.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del café, tanto a nivel internacional y nacional, se ha venido desarrollando de generación en generación, y solo con el paso del tiempo se han mejorado las variedades para los gustos organolépticos que adquiere cada tipo de café. Debido a la gran demanda del producto que se tiene a nivel internacional se ha convertido en la fuente principal de la economía en el Perú. Cabe mencionar que 7 regiones del Perú se dedican íntegramente al cultivo del café siendo acreedores de premios internacionales por la calidad de café en taza que procesan.

La siembra de café consta de varios procesos que se tiene que seguir para culminar hasta la última etapa, que significa obtener un café en taza con alto rendimiento sensorial; las etapas para poder llegar a tener una planta en producción son el germinado de semillas: es la etapa donde eclosionan las plantas de café conocidas como cachacos, donde se tiene que seleccionar para trasladar a las bolsas con tierra, esta tierra tiene que ser tratada para eliminar las bacterias, este proceso de germinado dura un aproximado de 2 meses; una vez estando en la bolsas de vivero se realiza el monitoreo de crecimiento de la planta para el trasplante a los terrenos o cultivos, esto llega a tardar hasta los 4 meses, ya que si se exagera el tiempo, la raíz comienza a tener contacto con la bolsa, afectando el crecimiento. Una vez ya trasplantadas, en los terrenos se realiza la limpieza constante y abono con materia orgánica para el mejor desarrollo de las plantas, este periodo dura 2 años para poder visualizar la primera cosecha que va a producir.

Con respecto a la etapa de producción del café, este también se divide en diferentes procesos que son la floración, crecimiento del pergamino, cosecha, despulpado, fermentado, lavado, secado y tostado.

Floración, es la primera etapa de los procesos para adquirir el café en taza, es donde cuajan los frutos y se evidencia mediante una flor blanca y, posteriormente, se manifiesta los granos pequeños de color verde, esta etapa se da en los meses de agosto hasta octubre; va a depender de la altitud de terreno.

Crecimiento del pergamino, se ha trabajado a 1670 m s. n. m. donde el crecimiento de los granos pergamino van desde setiembre hasta fines de abril, donde ya se evidencian los primeros granos maduros de las plantas de café.

Cosecha, es la recolección de granos rojos o amarillos, según sea la variedad del café, cerciorándose que esté completamente maduro y no alterar los gustos de acidez con un café verde.

Despulpado, en este proceso lo que se realiza es básicamente la separación de la cáscara protectora del grano pergamino y el fruto en sí, mediante máquinas industriales (despulpadora) que tienen ductos diferentes de salida del grano pergamino y la pulpa.

Fermentado, es la etapa crucial para poder tener un café de alto rendimiento o café especial que se les denomina, ya que es el proceso donde el grano pergamino adquiere todos los sabores sensoriales, es por lo que, el tiempo de fermentado va de los 18 a 24 horas y así adquirir al máximo las características organolépticas de otras especies (frutas), se tiene que tener sumo cuidado con el contacto de tierra o humedad, ya que al momento de degustar el café en tasa, esta reflejará los sabores al que ha estado en contacto directo.

Lavado, es la segregación del mucilago del café que al contacto con el agua se separa del grano pergamino dejando listo para el proceso de secado donde se estima 3 días si el calor está entre los 25 y 30 °C y estará listo para realizar el tostado, cabe recalcar que el proceso de secado es de suma importancia, ya que el café de manera artesanal lo secan en tolderos y tendales, que están en contacto directo con humedad y tierra, alterando las propiedades organolépticas.

En el presente trabajo titulado «Diseño y prototipado de una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo», consta de cinco capítulos:

El primer capítulo se enfocó en realizar el planteamiento del estudio a nivel internacional, nacional y local, donde se trabajó la definición del problema, el planteamiento de los objetivos y justificación.

El segundo capítulo abarca todo lo referente al marco teórico, donde se buscaron y seleccionaron los antecedentes a nivel internacional y nacional, priorizando los de mayor importancia para seguir una pauta alineada. De la misma forma, se describen las bases teóricas, que fueron fundamentales para el desarrollo del proyecto y, por último, se da a conocer la definición de términos básicos, donde se encuentran las palabras y frases claves de todo el proyecto.

En el tercer capítulo, denominada metodología de la investigación se da a conocer el tipo y alcance de la investigación, la metodología adaptada a 5 facetas del conocido VDI2221, lista de exigencias, estructura de funciones, soluciones y estructuras.

En el cuarto capítulo, relacionado con el análisis y diseño de la solución, se desarrolla la metodología, culminando con la fase de memoria de cálculos analíticos.

El quinto capítulo abarca todo lo relacionado con la simulación y las pruebas realizadas, la conclusión y resultados, encontrando que al fermentar el café con la máquina diseñada se obtiene un producto con las características de un café especial.

Se logró diseñar y prototipar la máquina fermentadora de café, siendo un diseño innovador en la técnica de fermentación, ya que se buscó imitar el procedimiento de fermentación del sistema digestivo del coatí, de esta forma, permite añadir aromas frutales a los granos de café. El diseño de la máquina fermentadora de café consta de tres cámaras: en la primera cámara se encuentra el agua con las resistencias, en la segunda está el depósito de frutas y la tercera cámara es para el café pergamino a ser fermentado.

El prototipo de la fermentadora de café se construyó con planchas de acero inoxidable AISI 304 y platinas ASTM A36 a escala real y con calidad sanitaria para procesos de alimentos. Se realizó la validación del diseño con el prototipo fabricado, se dividieron dos muestras, una para un proceso de fermentado de manera tradicional, obteniendo una calificación organoléptica de 75.50; con la otra muestra se realizó un proceso de fermentado con el prototipo de la máquina fermentadora, obteniendo una calificación organoléptica de 80.75, lo que significa que con la máquina fermentadora se elevó 5.25 puntos, lo que concluye que se logró cumplir con los objetivos planteados.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

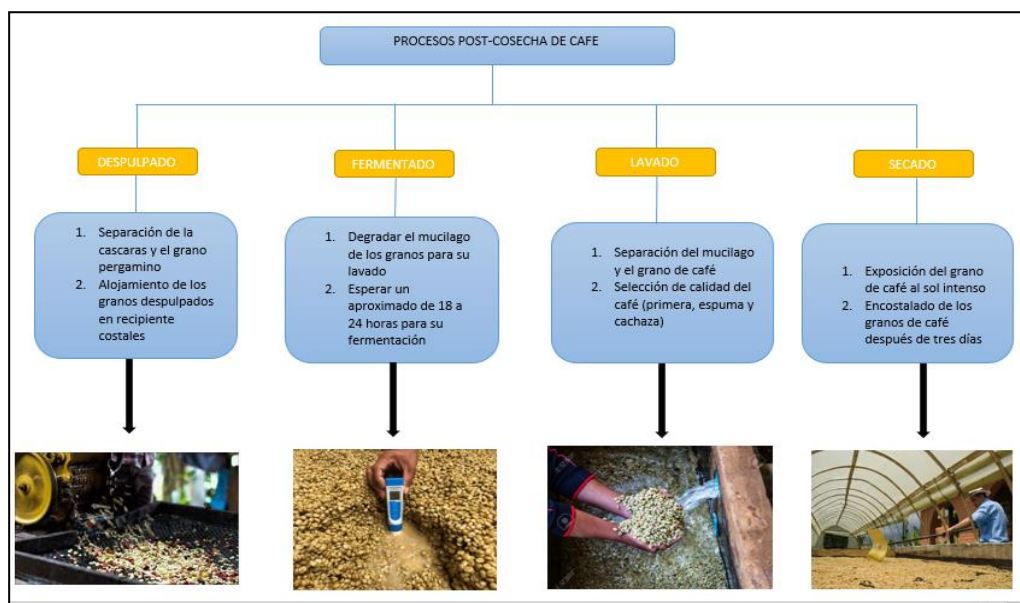
El café, en Perú, es el principal producto de agroexportación, siendo este la fuente del desarrollo económico del país cabe resaltar que solo el petróleo está por delante en el rubro de exportación. Es por lo que, es fundamental impulsar el cultivo del café a nivel nacional y más aún en la ciudad de Chanchamayo, que es reconocido como la capital cafetalera del Perú. Sin embargo, las entidades encargadas de generar mejora en la caficultura no han logrado cambios significativos en la actualidad, es por lo que, aún no se valora adecuadamente el café pergamino de Chanchamayo y esto se ve reflejado en el costo de kilogramo de café (1).

En el Perú, 15 regiones están dedicadas a la caficultura y el promedio es de 95 provincias y 450 distritos, sin embargo, solo 7 regiones abarcan el 91 % de producción a nivel nacional, entre ellas, están las regiones de Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco, Amazonas, Huánuco y Pasco, del total de área cultivable y cantidad de productores. Pero esta producción es empañada a nivel internacional, ya que el promedio de producción es de solo 13 qq/ha (quintales por hectárea) este índice refleja el poco apoyo que se tiene por parte de las organizaciones gubernamentales con las tecnificaciones de la caficultura (2).

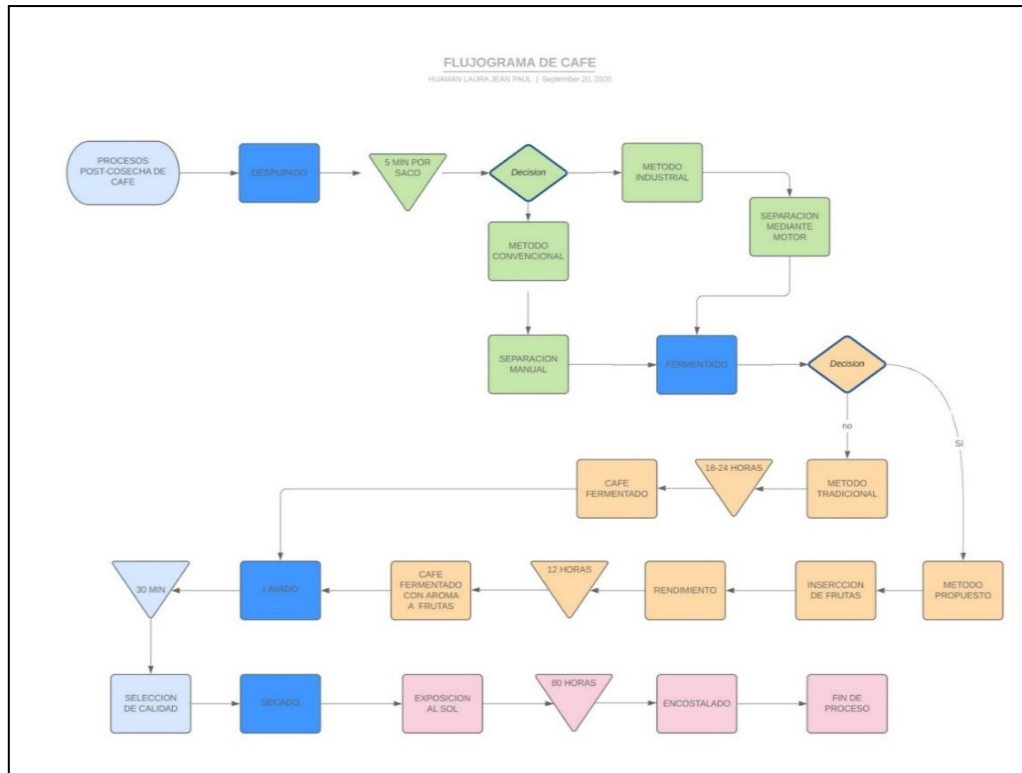
La región Junín, si bien cuenta con diversidad de recursos por explorar, a comparación con otras regiones del país, su competitividad es intermedia a baja, ubicándose en el puesto 15 del índice de competitividad regional. Todo esto repercute con la deficiencia de infraestructura o tecnología que mejore el aspecto financiero y la mano de obra calificada para el sector de la

caficultura de la selva central, denominada la capital cafetalera del Perú, conformada por las provincias de Chanchamayo y Satipo, excelentes zonas de producción de café (1).

El índice de mejora de la calidad del grano pergamino de café es dándole un valor agregado, un buen manejo por parte de los caficultores, el apoyo de las entidades gubernamentales a incentivar a la mejora de los procesos con mayor industrialización, y capacitaciones técnicas, aplicando estos conceptos se va a reflejar en un mejor café en rendimiento y taza, por ende, aumentará el precio de kilogramo en el mercado internacional, que mejorará el estado económico de toda la población caficultora.



*Figura 1. Procesos postcosecha de café*



**Figura 2. Flujograma del café**

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cómo se realizará el diseño y prototipado de una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor de la provincia de Chanchamayo?

### 1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo diseñar una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor?

¿Cómo fabricar el prototipo de la máquina fermentadora de café utilizando la metodología alemana VDI2221?

¿Cómo validar el prototipo de la máquina fermentadora de café para la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar y prototipar una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Diseñar una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor.

Fabricar el prototipo de la máquina fermentadora empleando la metodología alemana VDI 2221

Validar el prototipo de la máquina fermentadora de café para la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación metodológica**

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo agregar aromas frutales al café pergamino para degustar de mejor manera en taza y, a la vez, aumentar el porcentaje de rendimiento organoléptico. Este método de fermentado es poco conocido, por lo general, los caficultores de la provincia de Chanchamayo lo realizan de manera artesanal. A la vez, permitirá disminuir el tiempo de fermentado sin variar las características gustativas del café.

#### **1.4.2. Justificación práctica**

Para poder acelerar el proceso de fermentado de los granos pergamino del café y, a la vez, inducir o agregar aromas organolépticos al momento de degustar el café en taza. actualmente solo existe mediante el animal llamado coatí, que cumple la función de digerir los granos de café y posteriormente comer alguna fruta, que, en su sistema digestivo mezcla los aromas. Como se sabe, el café es una esponja que absorbe aromas, adquiriendo el aroma de la fruta que ha ingerido, después, expulsa el grano pergamino para continuar su proceso hasta llegar al momento de probar en taza.

#### **1.4.3. Justificación social**

El proyecto de investigación va a beneficiar a los caficultores de la provincia de Chanchamayo, porque la máquina propuesta es ergonómica, no contribuye en la contaminación ambiental y tampoco con la salud auditiva de la persona que la opera.

Principalmente, incrementará la economía de los caficultores, ya que aumentará la valorización por kilo de café en el mercado internacional.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

Espinoza (3), en su tesis «Descomposición de cacao (teobroma cacao L) modelo criollo en distintos prototipos de la descomposición el grupo de enlace raudal negro», desarrollada con el modelo de descomposición (caja de madera, saco de fibra y aluvión sueltos), se logrará una descomposición de jaez en el servicio del cacao (teobroma cacao l) de variedad criolla en la parte del enlace de raudal negro: tiene como objetivo valorar las particularidades físicas (temperatura, clasificación de abultamiento) y química (porcentaje de sereno y pH) a lo largo del desarrollo de la descomposición del cacao modelo criollo en grupo de enlace raudal negro.

La metodología utilizada fue de manera empírica, porque se especificaron las propiedades físicas (temperatura y clasificación de abultamiento) y químicas (proporción de sereno y pH) del cacao grupo criollo mientras se hace la descomposición en tres grupos de descomposición del vulgo del cacao, en la caja de tabla se obtiene 37.75 °C, continuo del aluvión suelto con 36.53 °C; en tanto que, el saco de fibra simplemente se obtiene 34.13 °C de temperatura. Concluyendo que, el cajón de madera resulto el más adecuado para el fermentado del cacao, ya que permitió alcanzar temperaturas adecuadas para el fermentado (3).

Valencia y Velásquez (4), mencionan en su tesis «Conducta, prioridad alimentaria e interés de cusumbos (*Nasua nasua*) en el perfeccionamiento de las propiedades de cuatro variedades de café (*Coffea arábica 1*) La Putina, Punco, Puno»

que el objetivo fue perfeccionar la capacidad del enlace provechoso de cafés peculiar y cacao pequeño, paradigma agroforestal en el marco del bosque nacional Bahujaja Sonene distrito de S. P. P. P., Sandia, Puno.

El procedimiento que se usó fue la preparación de etogramas para estimar el proceder, también vendimiar el cerezo de café para conceder sustancias al coatí, unidos con frutas de la jurisdicción, luego se vendimia cerezos de café de 4 variedades que se les presentó en fuentes a los coatíes y, al final, se realizó el desarrollo de aprovechamiento húmedo hasta conseguir el café pergamino con y sin ingestión del coatí, para esto se utilizan los bocetos estimados de pruebas «t» para la demostración independiente; indagación de diferente análisis de varianza (Andeva) de diseño completo al azar (DCA) y Andeva univariante de 2 elementos (4).

Los efectos que se consiguieron fueron: la conducta de los coatíes en cautiverio y semicautiverio son distintos, los coatíes en cautiverio malgastan la eficiencia de rascar, por otro lado, el progreso que se elabora con su ingestión es diverso, siendo más alta en los coatíes de semicautiverio (4).

En cuanto a las frutas probadas la dieta de café/frutos cítricos obtuvo la valoración más alta con un puntaje de 86.33 en paralelo con las otras frutas que alcanzan las evaluaciones de 85.83 y 84.42; en la inclinación nutritiva, la pluralidad más macilenta fue peculiar con una media de 76.56 y 79.00 g sucesiva de caturra con 73.06 y 70.78 g; en los atributos organolépticos las 4 pluralidades aumentaron luego de la ingestión del coatí, siendo más real en las pluralidades de caturra que aumentaron de 78.33 a 81.92 trazo, el catimor aumentó de 82.25 a 85.83 puntos; las pluralidades de típica y bourbon solo mostraron un aumento ligero. Concluyendo que se obtuvieron mejora organoléptica con la ingesta del coatí en semicautiverio que en cautiverio (4).

De la Cruz (5), en su tesis «Efecto de la adición de levadura en el proceso de fermentación de café», estableció el jaez, en maceta, de granos de café, para fructificar en diversos parajes de Colombia. Calculando las propiedades fisicoquímicas, elementos volátiles y silueta sensitiva para hallar silueta de maceta culminante, aromas, clases, frutos rojos y uva Isabel. El objetivo es valorar el resultado de la suma de fermento (*Saccharmyces sp*) y la duración del desarrollo de descomposición de café.

La metodología utilizada es la científica, empleando de manera empírica, racional, porque se ejecutó la descomposición del café despulpado a diversos periodos

y raciones de fermentado con el objetivo de resolver a mejor nota organoléptica fisicoquímica del café almonds tres; haciendo que, de esa silueta se califique el producto y así decir cuáles son las variables óptimas para la descomposición del café acorde a la averiguación, los resultados obtenidos fueron que se demostró que los mejores atributos son de frutas tropicales, siendo el mejor tratamiento la fermentación más adición de 60 ml de *Saccharomyces* sp y un tiempo de 12 horas (T9), y caracterizado con el perfil «mucho caña, frutos secos, ciruelas, manzana roja, frambuesa» (5).

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Pastrano y Sotomayor (6), en su tesis «Diseño y construcción de un sistema de fermentación de cacao nacional para la asociación de agricultores Wiñak», donde, el sistema planteado consiste en dos fermentadores simples y dos fermentadores con paletas (sistema de mezclado, cada uno puede almacenar una cantidad de hasta 150 kilogramos de cacao, el trabajo tiene como objetivo establecer los requerimientos de la máquina aplicando el despliegue de la función de calidad. La metodología que se ha utilizado es para determinar las especificaciones técnicas necesarias de la máquina, es importante recopilar información acerca de los modelos existentes en el mercado; además, buscar detalles de opiniones de personas que se han visto involucrados en la manipulación de máquinas o procesos similares que ya fueron aplicados.

Los resultados que se obtuvieron de la investigación fueron que la máquina fermentadora de cacao que se diseñó y se construyó cumplieron con los requisitos que el usuario exigía al inicio de la investigación, siendo el factor principal el mezclado, por su facilidad y eficiencia en comparación con el fermentador tipo cajas escalonadas, a su vez, se determinó que la fermentadoras de paletas fueron más eficientes, ya que el espesor de las paredes de madera del tambor hexagonal permiten el mejor almacenamiento de temperatura y con las paletas se tiene un mejor control de la temperatura (6).

Cambero et al. (7), en el artículo «Diseño de impresión 3D de un fermentador continuo modular», donde dicen que, se elaboró un diseño en 3D de un fermentador continuo modular con el programa *SolidWorks* con el objetivo de proporcionar un entorno adecuado en el que un organismo puede producir de manera eficiente un producto objetivo, pudiendo ser la biomasa celular, metabolitos o bioconversiones. El equipo debe estar diseñado de modo que sea capaz de proporcionar el óptimo entorno o condiciones que permitirán apoyar el crecimiento de los microorganismos; el método de esterilización del fermentador fue un método químico con Alcazyme y



posteriormente se le proporcionaron enjuagues de agua destilada para retirar los residuos. No se pudo utilizar la esterilización por vapor húmedo debido a las propiedades del PLA que compone el fermentador, pero se pudo utilizar otro tipo de material más resistente al método de esterilización por vapor húmedo con los resultados.

El fermentador diseñado tuvo un funcionamiento correcto durante la prueba de la cinética, donde se obtuvo una gráfica de segundo orden, se aplicó logaritmo natural al número de células (n) y se pudo observar el comportamiento lineal y ascendente obtenido en la cinética microbiana con respecto al tiempo, la investigación concluyó que el fermentador diseñado cumple efectivamente las exigencias solicitadas, ya que al ser sometidas a pruebas cinéticas evidenció un funcionamiento, a comparación de otros fermentadores este destaca por su resistencia y su factibilidad económica para su elaboración (7).

Teneda (8), con la tesis «Mejoramiento de proceso de fermentación del cacao» se identificó el problema de aumentar el desarrollo benéfico de descomposición de la congregación agroindustrial productora de Cacao, empleando dos tipos de descomposición periódica. El primero fue fabricado por los propios inventores, y el segundo es un método tradicional desarrollado en la caja de madera, que tiene como objetivo aumentar el desarrollo de descomposición del cacao (*Theobroma cacao l*) de las variedades nacional y CCN51 empleando dos tipos de descomposición, para alcanzar mejores propiedades sensoriales. La metodología empleada fue la experimental, ya que en el transcurso de la descomposición del cacao (*Theobroma cacao l*) de las variedades *patrio* y CCN51 se usaron dos modelos de descomposición; el modelo habitual o modelo acostado y el modelo variable. Para conseguir mejorar las propiedades sensoriales, los resultados obtenidos fueron el mejoramiento sensorial del cacao, las variaciones físicas y químicas que empiezan desde el principio de la descomposición con inclinación descritas para cada una de las variable examinadas, donde se relacionaron las tasaciones de pH, acidez, porcentaje de humedad y grasa. Se concluyó que, el fermentado rotativo es más eficiente con uso del cacao de variedad criollo, siendo a las 60 horas de fermentado su mejor índice de modificaciones físicas y químicas, esto indica que a mayor tiempo de fermentado aumentan los valores de flavonoides y polifenoles (8).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Fundamentos teóricos

#### 2.2.1.1. Café

El café es un cultivo que deriva de la planta del café, estas plantas necesitan un rango de temperatura de 20-25 °C y una altitud de 1200 a 1600 m s. n. m. y el volumen es de 0.1094 m<sup>3</sup> es una planta mediana que puede llegar a alcanzar hasta 3 metros de altura dependiendo de la variedad (10).

#### 2.2.1.2. Procesos del café

Los procesos del café van a influir mucho en la calidad de producto que se está vendiendo o exportando:

**Cosecha:** es la recolección de los granos maduros de la planta del café mediante la mano del hombre para después depositarlo en un recipiente (canastas) para su posterior traslado a la zona de la molienda o despulpado.

**Despulpado:** es el proceso donde se separa la pulpa y el grano de café mediante una máquina denominada despulpadora que almacena y va separando, que tiene dos ductos de salida, donde uno pertenece al café de café y el otro a las cáscaras o pulpa.

**Fermentado:** este proceso influye mucho en el rendimiento que va a tener el café en el momento de degustar en taza, ya que si tiene un buen proceso de fermentado el gusto organoléptico será mejor y será catalogado como café de alto rendimiento. Dicho proceso puede llevar hasta 18 horas.

**Lavado:** después de cumplir con el proceso de fermentado el café de café pasa al lavado o también llamado desmucilaginado, es la separación del mucilago con el café mediante la inserción de agua, además, en este proceso se separa según la calidad del café tales como, café de café, cachaza y espuma.

**Secado:** conlleva un tiempo de 3 a 4 días eso va a depender de la radiación solar que tiene, durante los días de exposición se da en tolderas o tendales de cemento, pero lo adecuado debe ser en parihuelas para no adquirir humedad, ya que disminuye el rendimiento del producto.

### 2.2.1.3. Variedades de café

En la actualidad, existe muchas variedades de café, pero después de sufrir con la plaga de la roya los caficultores se han visto en la necesidad de cultivar cafés resistentes a dicha plaga.

**Gran Colombia:** su característica principal es ser una planta con hojas claras muy resistente a la plaga de la roya y con gran cantidad de producción y ramas largas que permite tener mayor cantidad de granos de café.

**Catimor:** planta con guía color rojo, es uno de los aspectos principales que lo caracteriza, además es un café que en partes de altura tiene un buen rendimiento y el tamaño de sus granos supera a las demás variedades.

### 2.2.1.4. Propiedades organolépticas

Las propiedades organolépticas son aquellas características físicas y el sentido de olfato que básicamente las componen la acidez, el aroma, el sabor y el cuerpo.

**La hiperclorhidria:** esta propiedad se recauda en las fracciones periféricas de la lengua. Donde el café que exhibe una hiperclorhidria alta es circunspecto de jaez inmejorable que aquellos que exhiben una hiperclorhidria baja.

**La fragancia:** son mezclas químicas que tienen olor o aroma; sin embargo, abarcan otras esferas mucho más amplias, con valor cultural, histórico, social, económico y emocional.

**El paladar:** es la sensación compuesta de cuatro circunstancias primordiales, deleitoso, donoso, hiperclorhidria y desabrido de las propiedades del café sin imperfección.

**El cuerpo:** se personifica la resistencia del trago, captación de repleción, pesadumbre en el orificio; es el temple y vigor del líquido. Un café con pequeño cuerpo da una captación de insulso, aun cuando mantenga la densidad adecuada. Entre superior sea la nota mejor será la bebida (5)

## Densidad del café

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

### 2.2.1.5. Tipos de fermentado

#### A) Fermentado natural

Es el proceso donde se elimina el mucilago que está adherido al café y debe pasar un aproximado de 18 a 24 horas para que se desprenda el mucilago, en caso contrario, no se podrá proceder al lavado. En este proceso es donde el café gana todas las propiedades organolépticas, es por lo que, es crucial para determinar la calidad de café que se está produciendo, en esto influye el tiempo, la temperatura y el alojamiento del producto, ya que no puede estar al contacto con el suelo, ya que adquiere humedad y distorsiona las propiedades organolépticas y es catalogado como un café de bajo rendimiento.

#### B) Fermentación aeróbica

La fermentación anaeróbica o también conocida como abierta y cerrada es el tipo de fermentación donde se interactúa con las bacterias de tipo *Lactobacillus spp* y *Streptococcus spp*, quienes son los que eliminan el mucilago del grano pergamino del café (9).

#### C) Fermentación anaeróbica

El fermentado anaeróbico o también llamado cerrado es donde prevalece el uso de levaduras y bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*, quienes se encargan de la degradación de los compuestos, en este caso sería del mucilago del café (9).

#### D) Fermentación mecánica

Es el tipo de fermentado donde se emplea máquinas para poder efectuar el proceso mencionado y que permite extraer el mucilago (10).

#### E) Fermentación química

En la actualidad, usan mucho este tipo de fermentación para las frutas, ya que disminuye el tiempo de fermentado, solo le añaden sustancias como el hidróxido de calcio, sulfato ferroso y cloruro de calcio, pero así como acelera

el proceso requiere de sumo cuidado para las cantidades adecuadas, ya que puede ser perjudicial para la salud humana (10).

### 2.2.1.6. Diseño de estructura

#### A) Normas ASTM

Presentamos en la siguiente tabla los aceros normalizados tanto en ASTM

**Tabla 1. Clasificación de los aceros según ASTM**

Aceros	Según ASTM	Ksi	MPa	Ksi	MPa
ASTM A36		36	250	58-80	400-550
ASTM A53	Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106	Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131	Gr A, B, C5, D, D5, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139	Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381	Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500	Grado A	33	228	>45	>310
	Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501		36	250	>58	>400
ASTM A516	Grado 55	30	205	55-75	380-515
	Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524	Grado I	35	240	60-85	415-586
	Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529		42	290	60-85	415-550
ASTM A570	Grado 30	30	205	>49	>340
	Grado 33	33	230	>52	>360
	Grado 36	36	250	>53	>365
	Grado 40	40	275	>55	>380
	Grado 45	45	310	>60	>415
	Grado 50	50	345	>65	>450
	Grado 36	36	250	58-80	400-550
	Grado B	35	240	60	415
	Grado X42	42	290	60	415

Nota: tomada de Leal (11)

## **B) Norma AISI**

AISI también llamada clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos, utiliza en su esquema cuatro números para realizar las especificaciones de los aceros

$$\gamma_{normal} = \frac{P}{A} \quad (2)$$

$$fn = \frac{\gamma_{fluencia}}{\gamma_{normal}} \quad (3)$$

### **2.2.1.7. Materiales**

#### **A) Acero inoxidable**

Los aceros inoxidables son mezcla de cimientos de hierro, cromo, carbono; se les agregan otros componentes, tales como níquel, molibdeno, manganeso, silicio y titanio, entre otros; que les ceda una afable fortaleza a algunos tipos de corrosión en establecidas adaptaciones industriales. Los aspectos de cada componente en establecidas proporciones elaboran distintas variabilidades de las particularidades intrínsecas de los distintos tipos. Según la norma EN 10088 se concreta a las tizona inoxidables como aquellas aleaciones férricas que engloban cromo en una correspondencia mínima del 10.5 % (11).

**Tabla 2. Ficha técnica del acero inoxidable**

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300		
		Aceros al Cromo - Niquel	Aceros al Cromo - Niquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI	<b>304</b>	<b>316</b>	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20 C ( DENSIDAD) (g/cm <sup>3</sup> )	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm <sup>2</sup> )	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20 C (J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20 C / 100 C (W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100 C (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> )	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
INTERVALO DE FUSIÓN (C)	13981454	13711398		
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20 C (μOm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/ CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/ CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO Rm (N/mm <sup>2</sup> )	5020 - 7020 / 5040 - 7050	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rp (N/mm <sup>2</sup> )	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN ( A <sub>5</sub> ) MIN (%)	≥ 45		
RESILIENCIA KCUL / KVL (J/cm <sup>2</sup> )	160 / 180	160 / 180		
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP( 0 . 2 ) A 300 C / 400 C / 500 C (N/mm <sup>2</sup> )	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP( 1 ) A 300 C / 400 C / 500 C (N/mm <sup>2</sup> )	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500 C / 600 C / 700 C / 800 C σ <sub>1/10<sup>5</sup>/t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (OC)	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	
	TEMPLADO	NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL (C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B 1112	45%	45%	
	EMBUCCIÓN	MUY BUENA	BUENA	

\* Son aceptables tolerancias de un 1%

Nota: tomada de la ficha técnica de aceros inoxidables «carbones *Stainless Steel*»

### a) Lista de aceros inoxidables

De acuerdo con hallarse una prolongada pluralidad de aceros inoxidables, se adquiere dominio hacia algún estudio específico, para aumentar su singularidad se les agrega ciertos componentes:

- a) Superior dureza al desgaste: Cr, Ni, Ti y Mo
- b) Superior la maquinabilidad: Se y S
- c) Ampliar la resistencia: Cu, Al y Mo
- d) Ampliar de la compostura y soldadura: Cr y Ni
- e) Generar las propiedades del sistema: Mn, N y C
- f) Reducir el desgaste: Ti, Nb y Ta

Armadura de microestructura del tangible, se secciona en cinco parentelas:

- g) Austeníticos (FCC)
- h) Ferríticos (BCC)

- i) Martensíticos (tetragonal centrada en el cuerpo)
- j) Duplo estado (austeno-ferríticos y ferríticos-martensíticos)
- k) Fortalece por aceleración (apoyo austenítica o martensítica)

En medio de las listas más respetuosas en la zona de tizonas inoxidable se hallan el *American Iron and Steel Institute* (AISI) y la *Society of Automotive Engineers* (SAE). Conforme a esta agrupación de tizonas inoxidable se subdividen en las parentelas apropiadas (11).

**Tabla 3. Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI**

Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI	
Designación de la serie	Grupos
2XX	Cr-Ni-Mn; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
3XX	Cr-Ni; no endurecibles austeníticos, no magnéticos
4XX	Cr; endurecibles, ferríticos, magnéticos
4XX	Cr; no endurecibles, ferríticos, magnéticos
5XX	Cr; bajo cromo, resistentes al calor

Nota: tomada de Leal (11)

#### 2.2.1.8. Diseño de la máquina

Diseñar es formular un planeamiento para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces estas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria (12).

Volumen del café

$$V_{\text{cafe}} = \frac{m}{\rho} \quad (4)$$

Masa del café

$$m = V_{\text{cafe}} * \rho \quad (5)$$



### 2.2.1.9. Transferencia de calor

Se traslada en tres tipos distintos: conducción, convección y radiación. Estos tipos de propagación de energía solicita la validez de una desigualdad de temperatura y todo ello sucede del centro que tiene la temperatura más alta para uno de temperatura mínima (12).

**Tabla 4. Calor específico de diferentes sustancias**

Sustancia	Calor específico, cal/g °C
Cobre	0,093
Acero	0,110
PVC	0,210
Aluminio	0,220
Agua	1

Nota: tomada de Yunus (12)

Coefficiente de expansión

$$B = \frac{1}{T_{\text{promedio}} + 273} \quad (6)$$

Número de Rayleigh

$$Ra_D = \frac{gB(T_s - T_{\text{amb}})D^3}{\nu^2} * Pr \quad (7)$$

Número de Nusselt

$$Nu = \left( \frac{0.6 \left( 0.387 * Ra_D^{\frac{1}{6}} \right)}{\left( 1 + \left( \frac{0.559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right)^2 \quad (8)$$

Coefficiente de transferencia de calor

$$h = \frac{k}{D} * un \quad (9)$$

Pérdida de calor por convección

$$Q = hA(T_s - T_{\text{amb}}) \quad (10)$$

**Tabla 5. Propiedades de alimentos comunes**

Alimento	Contenido de agua, % (masa)	Temperatura, $T$ °C	Densidad, $\text{pkg}/\text{m}^3$	Conductividad térmica, $\text{kW}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$	Difusividad térmica, $\text{a} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Calor específico, $C_p$ KJ/kg . K
Frutas/Vegetales						
Manzana, jugo de	87	20	1 000	0.559	$0.14 \times 10^{-6}$	3.86
Manzanas	85	8	840	0.418	$0.13 \times 10^{-6}$	3.81
Manzanas secas	41.6	23	856	0.219	$0.096 \times 10^{-6}$	2.72
Chabacanos secos	43.6	23	1 320	0.375	$0.11 \times 10^{-6}$	2.77
Plátanos frescos	76	27	980	0.481	$0.14 \times 10^{-6}$	3.59
Brócoli	-	-6	560	0.385	-	-
Moras frescas	92	0.30	1 050	0.545	$0.13 \times 10^{-6}$	3.99
Higos	40.4	23	1 241	0.310	$0.096 \times 10^{-6}$	2.69
Toronja, jugo de	89	20	1 000	0.567	$0.14 \times 10^{-6}$	3.91
Duraznos	89	2.32	960	0.526	$0.14 \times 10^{-6}$	3.91
Ciruelas	-	-16	610	0.247	-	-
Membrillos						
Papas	78	0.70	1055	0.498	$0.13 \times 10^{-6}$	3.64
Pasas	32	23	1 380	0.376	$0.11 \times 10^{-6}$	2.48

Nota: tomada de Yunus (12)

**Tabla 6. Propiedades del aire saturado**

Temp., $T$ , °F	Densidad	Temperatura, $T$ °C	Densidad, $\rho_{kg/m^3}$	Conductividad térmica, $kW/m \cdot ^\circ C$	Difusividad térmica, $a \frac{m^2}{s}$	Calor específico, $C_p$ KJ/kg . K
Frutas/Vegetales						
Manzana, jugo de	87	20	1 000	0.559	$0.14 \times 10^{-6}$	3.86
Manzanas	85	8	840	0.418	$0.13 \times 10^{-6}$	3.81
Manzanas secas	41.6	23	856	0.219	$0.096 \times 10^{-6}$	2.72
Chabacanos secos	43.6	23	1 320	0.375	$0.11 \times 10^{-6}$	2.77
Plátanos frescos	76	27	980	0.481	$0.14 \times 10^{-6}$	3.59
Brócoli	-	-6	560	0.385	-	-
Moras frescas	92	0.30	1 050	0.545	$0.13 \times 10^{-6}$	3.99
Higos	40.4	23	1 241	0.310	$0.096 \times 10^{-6}$	2.69
Toronja, jugo de	89	20	1 000	0.567	$0.14 \times 10^{-6}$	3.91
Duraznos	89	2.32	960	0.526	$0.14 \times 10^{-6}$	3.91
Ciruelas	-	-16	610	0.247	-	-
Membrillos						
Papas	78	0.70	1055	0.498	$0.13 \times 10^{-6}$	3.64
Pasas	32	23	1 380	0.376	$0.11 \times 10^{-6}$	2.48

Nota: tomada de Yunus (12)

### 2.2.1.10. Temperatura ambiental

Según la estación meteorológica de Satipo, la temperatura máxima mensual absoluta durante el año varía entre 28.8 °C en enero de 2015 y 35.1 °C en octubre de 2018. La temperatura media máxima mensual varía de 30.5 °C en julio a 32.1 °C en octubre con un promedio anual de 40 °C. La temperatura mínima absoluta varía entre 17.0 °C en abril de 2015 a 21.0 °C en enero de 2016; mientras, la temperatura mínima media varía entre 17.0 °C en julio a 20.2 °C en enero, con una media anual de 18.9 °C (13).

$$T_{\text{final}} = 40 \text{ °C} \quad T_{\text{ambiente}} = 29 \text{ °C} \quad T_{\text{promedio}} = 34.5 \text{ °C}$$

**Tabla 7. Temperatura máxima y mínima media mensual en estación Chanchamayo (2016 – 2018)**

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
T° Máx. Media (°C)	30.2	30.0	30.2	31.1	30.7	30.7	30.5	31.3	31.7	32.1	31.6	30.5	30.9
T° Media (°C)	25.2	25.0	25.1	25.3	24.7	24.2	23.7	24.2	24.7	25.6	25.6	25.2	24.9
T° Mín. Media (°C)	20.2	20.1	20.0	19.5	18.8	17.8	17.0	17.0	17.6	19.2	19.5	20.0	18.9

Nota: tomado de James (13)

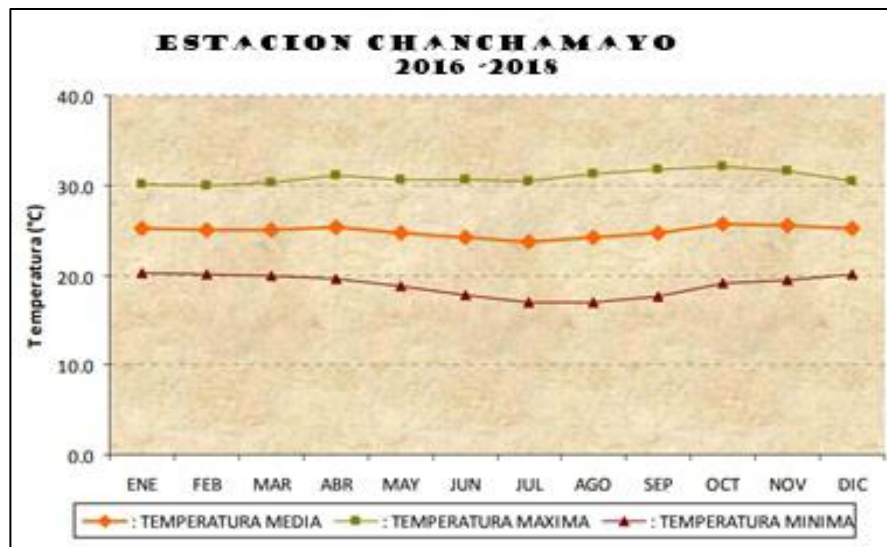


Figura 3. Rangos de temperatura (13)

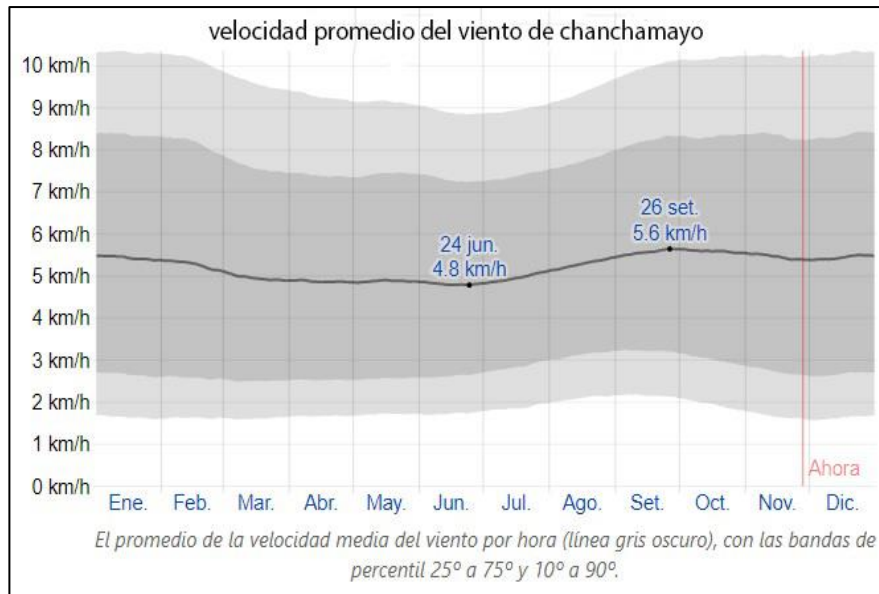


Figura 4. Promedio de la velocidad media del viento. Tomada de «weather spark»

Tabla 8. densidad relacionada a la temperatura

Temperatura $T$ (°C)	Velocidad del sonido $c$ (m/s)	Densidad del aire $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )
35	351.88	1.1455
30	349.02	1.1644
25	346.13	1.1839
20	343.21	1.2041
15	340.27	1.2250
10	337.31	1.2466
5	334.32	1.2690
0	331.30	1.2922
-5	328.25	1.3163
-10	325.18	1.3413
-15	322.07	1.3673
-20	318.94	1.3943
-25	315.77	1.4224

Nota: densidad del aire respecto a tu temperatura tomado «Density of air»

### 2.2.1.11. Sistema eléctrico

Algunos conductores con forma de hilo tienen la propiedad de que la intensidad de la corriente que circula por ellos es directamente proporcional a la tensión entre sus extremos (15).

Resistencia eléctrica

$$R = \frac{0.24 * V^2 * T}{Q} \quad (11)$$

Cantidad de calor

$$Q = mC_e * (\Delta T^\circ) \quad (12)$$

Potencia eléctrica

$$P = \frac{E}{T_{\text{tiempo}}} \quad (13)$$

Energía consumida

$$E = P * T_{\text{tiempo}} \quad (14)$$

Intensidad de corriente

$$I = \frac{P_{\text{potencia}}}{V_{\text{voltaje}}} \quad (15)$$

Energía disipada

$$E = P_{\text{potencia}} * T_{\text{tiempo}} \quad (16)$$

**Tabla 9. Resistividad de materiales**

Material	Resistividad, $\rho$ , a 20° C ( $\Omega$ -m)
Plata	$1.645 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.723 \times 10^{-8}$
Oro	$1.443 \times 10^{-8}$
Aluminio	$1.825 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$1.485 \times 10^{-8}$
Hierro	$12.30 \times 10^{-8}$
Plomo	$22 \times 10^{-8}$
Mercurio	$95.8 \times 10^{-8}$
Nicromo	$99.72 \times 10^{-8}$
Carbón	$3.500 \times 10^{-8}$
Germanio	$20\_2\ 300^*$
Silicio	$=500^*$
Madera	$10^8\_10^{14}$
Vidrio	$10^{10}\_10^{14}$
Mica	$10^{11}\_10^{15}$
Plástico duro	$10^{13}\_10^{16}$
Ámbar	$5 \times 10^{14}$
Azufre	$1 \times 10^{15}$
Teflón	$1 \times 10^{16}$

Nota: Tomada de Robbins (14)

### 2.2.1.12. Proceso anaeróbico

El transcurso de la descomposición anaeróbica de la sustancia somática se elabora en cinco fases sucesivas desde las prístinas de descomposiciones microbianas de la sustancia somático hasta la consolidación del producto con la producción del designado biogás (16).

- I. Eliminación en su totalidad del oxígeno
- II. Reducción del gas del nitrógeno
- III. Generación del hidrogeno
- IV. Proceso metanogénico (fermentación del metano)
- V. Proceso de maduración (disminución de la humedad)

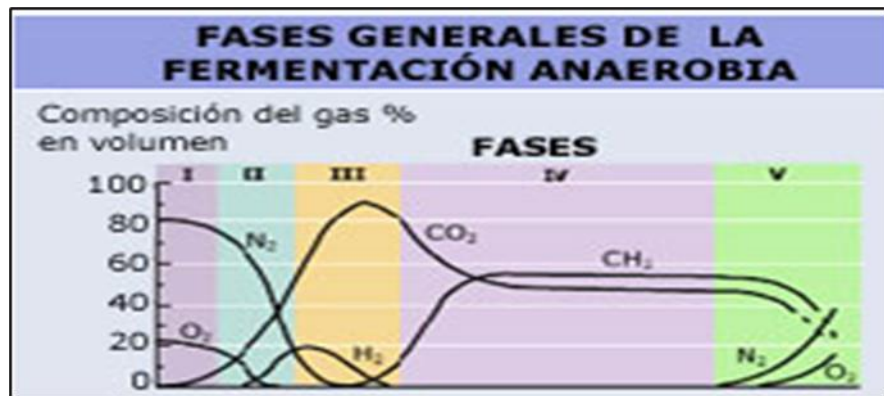


Figura 5. Fases de fermentación anaerobia (15)

### 2.2.2. Definición de términos básicos

#### 2.2.2.1. Metodología de diseño

En ingeniería, el diseño mecánico es el resultado de investigaciones con el seguimiento de una metodología apropiada, esta metodología permite ordenar y guiar paso a paso el proceso de diseño, ya que el diseño mecánico permite la obtención del diseño de objetos y sistemas de tipo mecánico, piezas grandes y pequeñas, estructuras que soportarán grandes esfuerzos, mecanismos simples y complejos, máquinas industriales y sistemas mecánicos de diversos instrumentos (16).

#### 2.2.2.2. Proceso de diseño de sistemas mecánicos

Es el conjunto de fases con actividades necesarias para transformar el problema de diseño de la información inicial con los requisitos necesarios a la

información del producto o servicio para después crear la posibilidad de construcción, operación y mantenimiento (16).

### 2.2.2.3. Álabes de refrigeración

En la refrigeración unidimensional de álabes por convección se suele utilizar un parámetro denominado temperatura relativa del álabe (16).

### 2.2.2.4. Pirómetro

Es un mecanismo a fin de cuantificar las temperaturas muy prominentes, la energía de difusión notable emitida por elementos calientes, también, determinar el calor de la radiación por medio de un dúo termal o la claridad de la irradiación notoria.

### 2.2.2.5. Sensor de temperatura

Está instruido por un mecanismo muy fácil integrados por dos componentes metálicos de atípica naturaleza adherente mediante uniones llamadas vinculo frío y unión caliente. El rango de temperatura que perciben estas uniones produce una diferencia de potencial angostamente agregado de la naturaleza de los componentes.

### 2.2.2.6. Ventiladores

Los ventiladores están mesurados adentro de algún tipo de armadura o carcasa. Esto les deja orientar el aire hacia el sentido deseado y también lo hace más estable, ya que evita que objetos ingresen en relación con los álabes.

**Tabla 10. Ficha técnica del ventilador Thunder cool**

Fuente de alimentación	220 V-60 Hz-1 ph
Otras observaciones	Certificados: CCC, CE, UL, Eficiencia estática: 34,3 %, Longitud de cable eléctrico 1.5m, Protección IP44, IP54, Rango de temperatura de -30 °C a 60 °C, Temperatura Range - 30 °C to 60 °C, Vida útil: 30,000 horas aprox.
Nivel sonoro	59 Db
Caudal	5.38 m3/s
Área	0.0013 m3
Entrada nominal	40 W
Intensidad	0.40 A
Eficiencia energética	ErP2015
Velocidad	2500 rpm

Capacidad del ventilador



$$C_{\text{capacidad}} = V_e * A \quad (17).$$

Presión dinámica

$$P_d = \rho * g \quad (18).$$

Velocidad de salida

$$V_s = \sqrt{\frac{2 * P_d * v^2}{\rho}} \quad (19).$$

Caudal

$$Q = V_s * A \quad (20).$$

Potencia del ventilador

$$\Delta \dot{E}C = \frac{1}{2} * Q * \rho * (V_s - V_e) \quad (21).$$

#### **2.2.2.7. Temporizador**

Un temporizador es un instrumento con el que se puede ajustar la unión o desconexión de un contorno eléctrico luego de que se ha planificado un tiempo. El componente elemental del instrumento es un tablero binario, representante de calcular los pulsos abastecidos por algún contorno oscilador, con un apoyo de tiempo sólido y popular. El tiempo es definido por un movimiento o transcurso que se requiera inspeccionar.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Metodología y tipo de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación en el presente trabajo es tecnológico, tiene la finalidad de la invención del artefacto, de acuerdo con Barriga (16), es aquella que responde a problemas técnicos, aprovechándose del conocimiento teórico-científico producto de la investigación básica. Asimismo, organiza reglas técnicas cuya aplicación posibilita cambios en la realidad.

##### **3.1.2. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución**

Para la elaboración de la máquina que permita elevar los gustos organolépticos y a su vez reducir el tiempo de fermentado del café, sin alterar las propiedades sensoriales del café, se utilizó una metodología modificada a la alemana VDI 2221 para así poder encontrar la mejor solución en el diseño de dicha máquina.

Metodología base VDI 2221

La metodología VDI 2221 consta de siete etapas y cinco fases que se acoplan al diseño y mejora de las máquinas (16).

Comprensión de la solicitud

Concepto de solución

Elaboración de proyecto

Elaboración de detalle

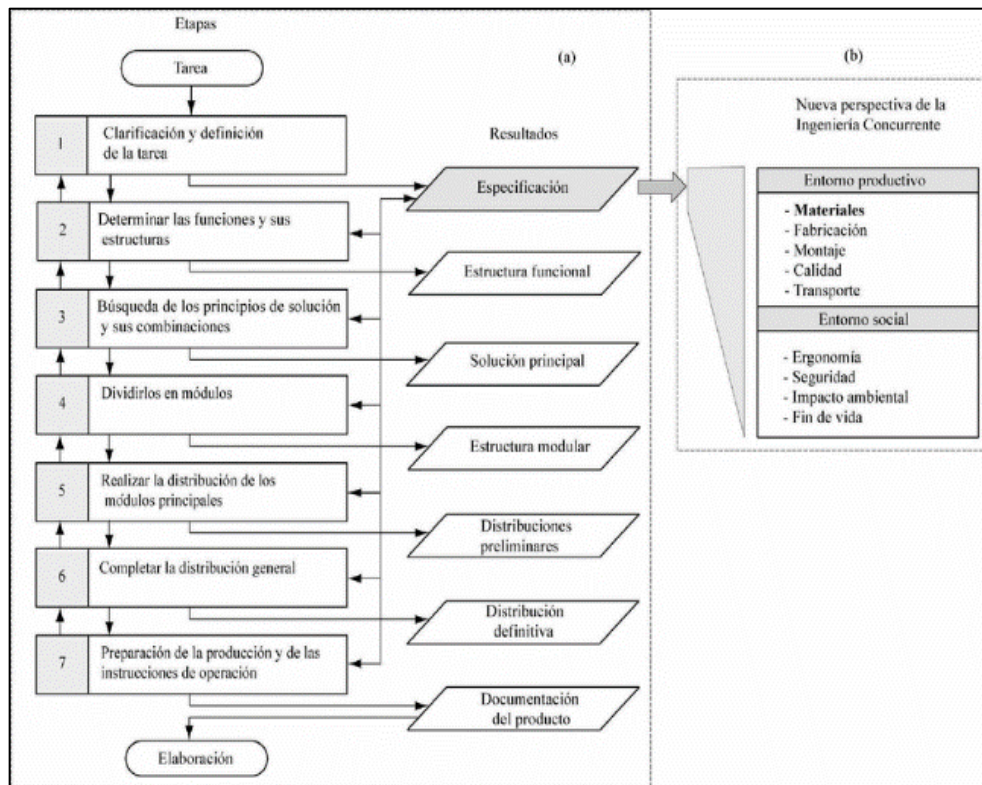


Figura 6. Metodología VDI 2221 como base para ser modificada a nuestras necesidades de diseño (16)

### 3.1.2.1. Diagrama de la metodología modificada

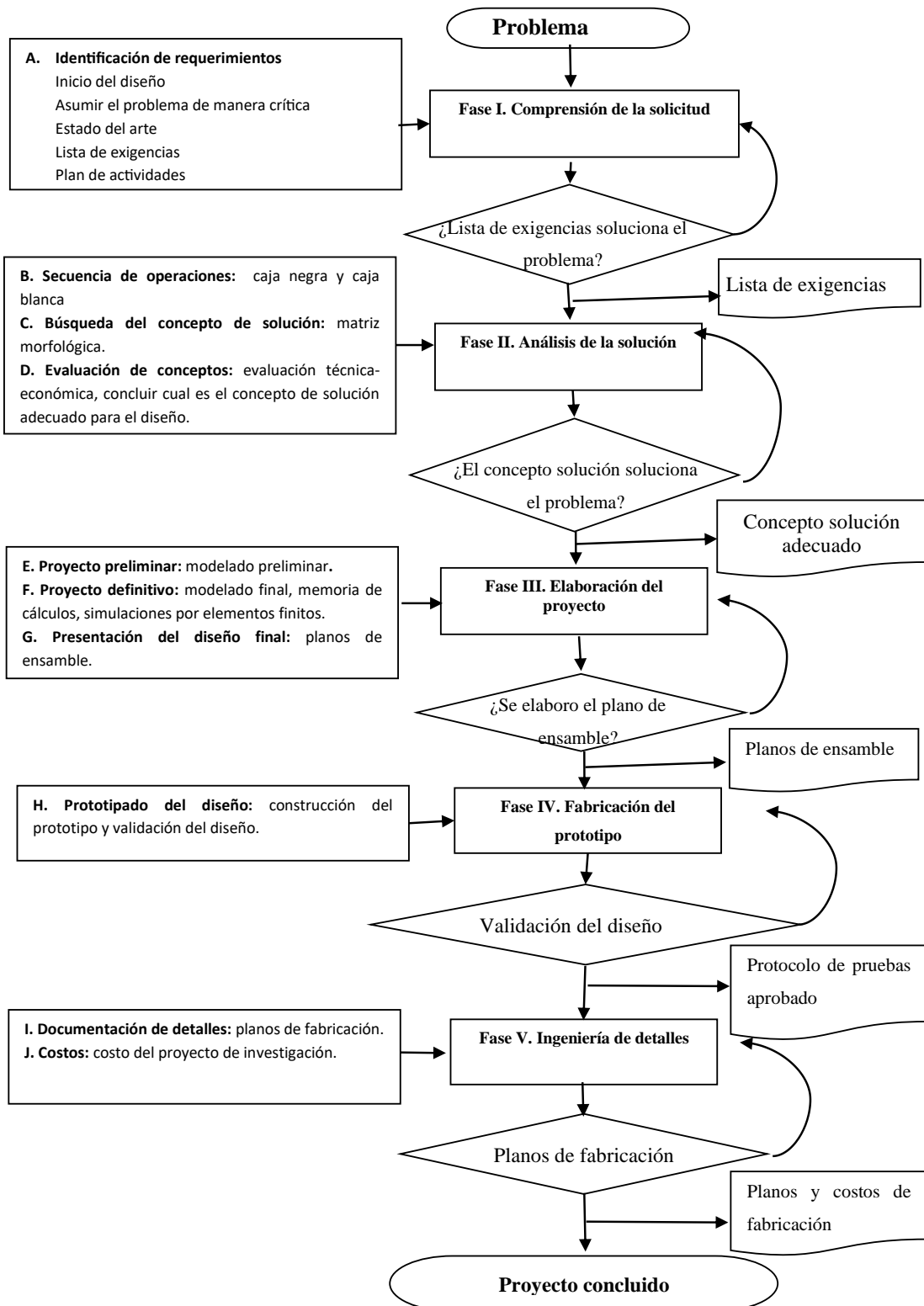


Figura 7. Metodología modificada para el proyecto de tesis

### **3.1.2.2. Descripción de la metodología modificada por fases y etapas**

#### **A) Fase I: comprensión de la solicitud**

En la primera etapa es donde se va a descifrar y dar a conocer de manera adecuada el problema que se ha observado, que inicia desde el planteamiento del problema y las necesidades que se va a requerir para la ejecución del proyecto, es por lo que en dicha etapa se da inicio al diseño y la planificación del proyecto.

##### **a) Identificación de requerimientos**

- **Inicio de diseño:** parte de la necesidad o pedido específico por parte de una población con ciertas exigencias que se tienen que cumplir, estas deben de estar bien especificadas o identificadas por el investigador.
  
- **Asumir el problema en forma crítica:** en dicha etapa es donde el investigador se involucra directamente a vivir las necesidades que se manifiestan para poder cumplir con las expectativas deseadas como mejora de precios por kg.
  
- **Estado del arte:** en dicha parte o etapa es donde los investigadores recopilan la mayor cantidad de información sea nacional o internacional para una mejor comprensión del problema, se llega a utilizar tesis, artículos científicos, patentes, libros, etc.
  
- **Lista de exigencias:** luego de realizar las fases antes mencionadas, se procede a elaborar la lista de exigencia de manera ordenada y clasificada que debe cumplir estrictamente el proyecto.
  
- **Plan de actividades:** es donde se fijan los tiempos de las actividades que se van a realizar para la ejecución del proyecto, estas están determinadas por semanas.

#### **B) Fase II: análisis de la solución**

El presente análisis tiene como objetivo lograr conseguir una solución óptima y viable que se adapte al proyecto, en esta fase se considera una selección inteligente de la mano con la lista de exigencias y se le da puntuaciones que van de 0 que es nada satisfecho y 4 muy satisfecho.

### a) Secuencia de operaciones

En esta fase el objetivo es determinar una estructura apropiada de las funciones o tareas del sistema técnico.

- **La caja negra (*black box*)** se presentan las funciones que debe cumplir el proyecto, teniendo tres características fundamentales que son la entrada, proceso y salida donde se tienen tres magnitudes básicas.
- **Caja blanca.** al definir las funciones de la idea principal, a la máquina se le representa en funciones conocidas como «caja blanca», es de reducir o eliminar las funciones que perjudiquen durante las señales de ingreso y de salida, que distorsiona el funcionamiento de la máquina.

### b) Búsqueda de los conceptos de solución

- **Matriz morfológica:** la matriz morfológica permite conjugar diferentes alternativas para poder diseñar el proyecto y escoger la solución más adecuada.

### c) Evaluación de conceptos

En esta etapa se llega a desarrollar las evaluaciones tanto técnicas y económicas de los posibles resultados que se llega a tener mediante la matriz morfológica, además, se evalúa la lista de exigencia para tener concordancia con el pedido o la observación del problema detectado.

- **Evaluación técnica:** en dicha etapa se ve la calidad del trabajo, transportabilidad del proyecto, tienen que contar con una mejor ergonomía para la manipulación de la máquina.
- **Evaluación económica:** se establece las cantidades de piezas, el fácil armado de las diferentes articulaciones de la máquina, la calidad de los materiales y precio de ellos, etc.
- **Concluir cuál es el concepto de solución adecuado para el diseño:** se detalla las características que debe de contar la máquina, que deben de cumplir las exigencias del cliente y así proceder a diseñar. Después de haber

determinado la mejor solución óptima, se deben precisar las funciones que debe realizar desde el principio hasta el fin del diseño de la máquina.

- **Detallar el concepto de solución mediante un diagrama:** ya contando con las características bien especificadas de la máquina se procede a dar bosquejos a mano alzada a una solución óptima. Detallando las funciones primarias y secundarias.

### **C) Fase III: elaboración de proyecto**

En esta fase se engloba el avance del diseño preliminar de la que abarca el inicio de la configuración geométrica de la máquina, del mismo modo se avanza con la solidificación del proyecto, que se desarrollará con la ejecución en las etapas 5 y 6.

#### **a) Proyecto preliminar**

En esta etapa se abarca con el inicio de la conformación geométrica de la máquina, diseño plasmado en un bosquejo; así mismo, es en esta etapa donde se realizan las restricciones que se va a tener en el desarrollo de la máquina, como por ejemplo en el diseño, fabricación, montaje de las articulaciones, la mantenibilidad que se le va a dar, la ergonomía que a va a tener el cliente para su manipulación, la reducción de agente contaminante del medio ambiente. Las que deben de estar ligadas con la lista de exigencia.

#### **b) Proyecto definitivo**

- **Memoria de cálculos definitivo:** dicho paso permite tener mayor confiabilidad del diseño, ya que se realizan cálculos estáticos, dinámicos y simulaciones de esfuerzos mediante el programa de *SolidWorks*.

- **Simulaciones por elementos finitos:** con el software CAD *SolidWorks*

#### **c) Diseño final**

- **Planos de ensamble:** se precisan los planos de ensamble del proyecto, detallando los componentes mediante la vista geométrica y de explosión de forma minuciosa.

#### **D) Fase IV: fabricación del prototipo**

##### **a) Prototipado del diseño**

- **Construcción del prototipo:** fabricación del prototipo con materiales alternativos
  
- **Validación del diseño:** realizar las pruebas de rigor del prototipo con el fin de validar el diseño según la lista de exigencias.

#### **E) Fase V: ingeniería de detalles**

##### **a) Documentación de detalles**

- **Planos de fabricación:** es donde se realiza por completo el diseño de los planos detallando los márgenes o tolerancias de cada componente diseñado, también se especifica los acabados superficiales que va a contar, tales como soldadura y material a utilizar.

##### **b) Costos**

Costo detallado del proyecto de investigación, incluyendo la fabricación del prototipo



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

El desarrollo del capítulo IV tiene la finalidad de plantear las bases sólidas del diseño, donde se tiene que emplear la metodología mencionada en los capítulos anteriores, es por lo que se deben tener bien definidos los requerimientos o necesidades de los productores, interpretación y análisis de solución y el diseño del prototipo, ya que estas tres etapas van a ser la columna vertebral de la ejecución de la máquina fermentadora de café de variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo.

#### **4.1. Identificación de requerimientos**

##### **4.1.1. Fase I: comprensión de la solicitud**

El avance de la primera etapa da inicio con la información recopilada de los productores de café, es por lo que, para la ejecución de la primera etapa, ya se debe tener claros y precisos los acontecimientos que se van a suscitar en la elaboración del proyecto, que parte del inicio del diseño y culmina con el desarrollo de la lista de exigencia.

##### **4.1.1.1. Identificación de requerimientos**

###### **A) Inicio del diseño**

En esta parte del diseño, en primer lugar, se realizó la recolección de datos o información con respecto al problema descrito, igualmente se hizo las averiguaciones del proceso, tiempo, tipos de fermentados y las calidades o rendimientos de los granos pergamino del café, esta información se sustrajo de los productores de café de la localidad de Chanchamayo.

###### **B) Asumir el problema de forma crítica**

El proceso de fermentado de manera artesanal o convencional que ejecutan los productos les conlleva un tiempo aproximado de 18 horas para poder tener un mejor rendimiento en tasa, que no se llegan a cumplir debido a la gran cantidad de producción que tienen y solo lo fermentan 12 horas, esto repercute en un café de bajo gusto organoléptico y este se refleja en el precio del kilogramo, es por lo que los productores requieren una máquina que mejore el proceso del fermentado y reduzca el tiempo sin alterar las características sensoriales en taza.

### **C) Estado del arte**

Es donde se va a recopilar la mayor cantidad de información, datos estadísticos acerca del fermentado de café, para así tener los conceptos claros, para así realizar el prototipado de la máquina, que va a ayudar al proceso del fermentado, teniendo como antecedentes o sustentos las siguientes informaciones mencionadas:

#### **a) Estado del arte internacional**

- **Fermentador orientado a mejorar el proceso de fermentación. Modelo CA-D1H**

La empresa DCTA innovadora en el desarrollo de máquinas fermentadoras de cacao, ubicada en la ciudad de Cali que tiene como mercado con el fermentador orientado a mejorar el proceso de fermentación de modelo CA-D1H mostrado en la figura 8, ayuda a mejorar la calidad del cacao.



**Figura 8. Fermentador orientado a mejorar el proceso de fermentación modelo CA-D1H. Tomada de «Industrias alimentarias Adiquim»**

## b) Estado del arte nacional

### • Compacto ecológico de un disco IMSA, modelo PR1-D2

La empresa IMSA innovadora en el desarrollo de los constantes cambios y modernización en la producción de máquinas y equipos, ubicada en el distrito de Villa Rica tiene en el mercado con el compacto ecológico de un disco de modelo PR1-D2 mostrado en la figura 9, este modelo tiene 3 procesos de la producción del café.



*Figura 9. Compacto ecológico de un disco modelo PR1-D2. Tomada de «Catálogo de maquinaria para procesamiento de café»*

### c) Diseño de fermentador de cacao automático basado en proceso tradicional

El instituto de educación superior en Perú, Tecsup, tiene en el mercado el diseño de fermentador de cacao automático basado en proceso tradicional mostrado en la figura 10, este diseño es un prototipo del fermentado.



*Figura 10. Prototipo del fermentador de cacao. Tomada del artículo «Diseño de fermentador de cacao automático basado en proceso tradicional»*

## D) Lista de exigencias

**Tabla 11. Lista de exigencias**

Lista de exigencias		Universidad	Página 1 de 1
Diseño y prototipado de una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo		Universidad Continental	Fecha: 20/3/21 <b>Redactado por:</b> Huamán Laura, Jean Paul; Contreras Pérez, Wilder; Meza Huayta Luis Miguel
N.º	D/E	Descripción	Responsable
1	E	Optimizar el tiempo de fermentado de café y poder aumentar las propiedades organolépticas.	Huamán Laura, Jean Paul
2	E	Estará dividido en tres cámaras que permitirán el fermentado del café.	Contreras Pérez, Wilder
3	E	El fermentado del café debe ser eficiente.	Meza Huayta, Luis Miguel
4	E	El fermentado asimilará el sistema digestivo del coaáf	Huamán Laura, Jean Paul
5	E	La fermentadora tiene que ser graduada con cuidado para un buen proceso de fermentado.	Contreras Pérez, Wilder
<b>Fuente energética</b>			
6	E	La operación de la máquina será poder medio de una resistencia eléctrica.	Meza Huayta, Luis Miguel
7	E	La fuente de tensión suministrada será de 220 V para la resistencia que se situará en la primera cámara.	Huamán Laura, Jean Paul
8	E	Se utilizará una resistencia de 4000 watts	Contreras Pérez, Wilder
<b>Fabricación</b>			
9	E	El proyecto utilizará acero inoxidable.	Meza Huayta, Luis Miguel
10	E	Los materiales por utilizar serán lo que se indica en las normas.	Huamán Laura, Jean Paul
11	E	La elaboración del proyecto servirá para acelerar tiempo de fermentado y aumentar las propiedades organolépticas.	Contreras Pérez, Wilder
<b>Mantenimiento</b>			
12	E	La máquina debe ser fácil de ensamblarse	Meza Huayta, Luis Miguel
13	E	La máquina tiene que ser ligera para el desmonte de sus componentes.	Huamán Laura, Jean Paul
<b>Aplicación</b>			
14	E	La máquina será de un mecanismo semiautomatizado	Contreras Pérez, Wilder
15	D	El impacto ambiental o contaminación debe ser nulo	Meza Huayta, Luis Miguel
<b>Seguridad</b>			
16	E	La máquina debe tener indicaciones de uso	Huamán Laura, Jean Paul
17	E	Debe contar con señalización de riesgo eléctrico	Contreras Pérez, Wilder

*Nota: E = exigencia que se debe cumplir en su totalidad; D= deseo alcanzable para tener un grado de consideración*

### **E) Plan de actividades**

Para poder realizar la ejecución del proyecto de manera planificada se tienen que desarrollar actividades secuenciales de la metodología planteada. Y se tienen que considerar tanto las etapas y fases ya mencionadas en capítulos anteriores.

**Tabla 12. Tabla de plan de actividades**

Ítem	Actividad	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Presentación y aprobación de plan de investigación tecnológico	X	X														
2	Estado de la tecnología, lista de exigencias y plan de trabajo		X	X													
3	Estructura de funciones		X	X													
4	Concepto de solución			X	X												
5	Proyecto preliminar			X	X												
6	Diseño				X	X	X	X	X	X							
7	Memoria de cálculo aproximado					X	X	X	X	X							
8	Planos de ensamblaje								X	X	X						
9	Lista de piezas									X	X	X					
10	Construcción										X	X	X	X			
11	Pruebas de funcionamiento														X	X	
12	Sustentación																X

## **4.2. Análisis de la solución**

### **4.2.1. Fase II: Análisis de la solución**

#### **4.2.1.1. Secuencia de operaciones**

##### **A) Proceso de abstracción – caja negra**

A continuación, se desarrolla la idealización de la caja negra o comúnmente conocida como «*black box*», donde se proponen las entradas o *in put*, el proceso, obteniendo salidas u *out put*.

##### **a) Entradas**

###### **○ Materia**

El café después del despulpado se le ingresará a una cámara donde se realizará el fermentado.

###### **○ Energía**

Se utilizará la energía eléctrica para el accionamiento de la resistencia eléctrica y de los ventiladores.

###### **○ Señal**

Se utilizará el temporizador para el control eléctrico.

##### **b) Salidas**

###### **○ Materia**

Luego del proceso del fermentado, se obtendrá un café organoléptico.

###### **○ Energía**

La energía eléctrica será transformada en energía térmica y energía mecánica.

###### **○ Señal**

El funcionamiento correcto de la fermentadora de café.



*Figura 11. Caja negra*

## **B) Descripción de funciones**

Ingreso del café con mucilago a la tercera cámara.

El abastecimiento de los granos de café pergamino se realizará manualmente a la tercera cámara.

Acondicionar el café con mucilago.

El café pergamino será esparcido homogéneamente por toda la tercera cámara.

Adicionar frutas a la segunda cámara.

El adicionamiento de las frutas hacia la segunda cámara.

Dejar fermentar el café de 18 a 24 horas

El fermentado del café pergamino se realiza por un tiempo de 18 a 24 horas, para que el café absorba las propiedades organolépticas de la fruta.

Ingreso de energía eléctrica y señales al temporizador.

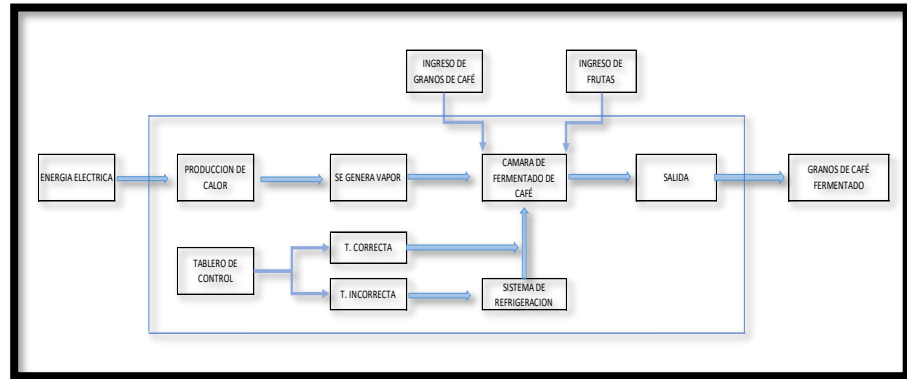
El ingreso de energía eléctrica para el funcionamiento de los ventiladores y la resistencia eléctrica y el ingreso de señales para el control de temporizador.

Retirar el café después del fermentado.



Para retirar el café pergamino de la tercera cámara se realiza de manera manual.

**a) Estructura de funciones - caja blanca**



*Figura 12. Caja blanca*




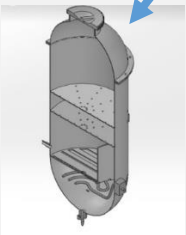
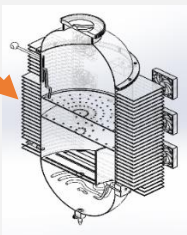
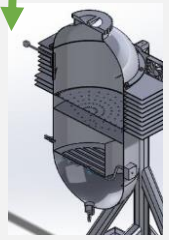
En la tabla 13 se observa las reacciones que genera en la máquina fermentadora de café.

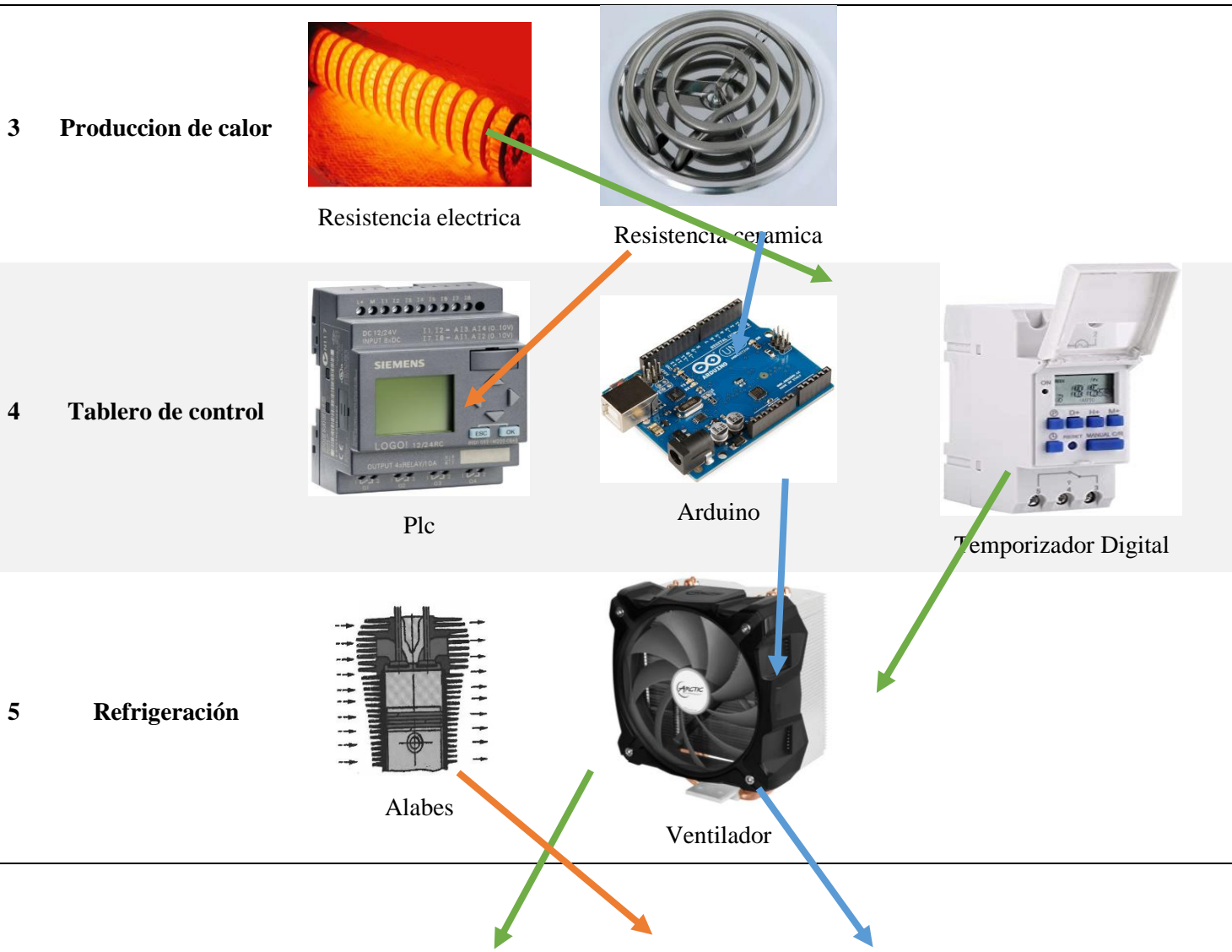
**C) Búsqueda del concepto de solución:**

**a) Matriz morfológica**

A continuación, se muestra la matriz morfológica que detalla de manera desglosada que cual se basa el proyecto de fermentado de café.

**Tabla 13. Búsqueda de la solución con la matriz morfológica**

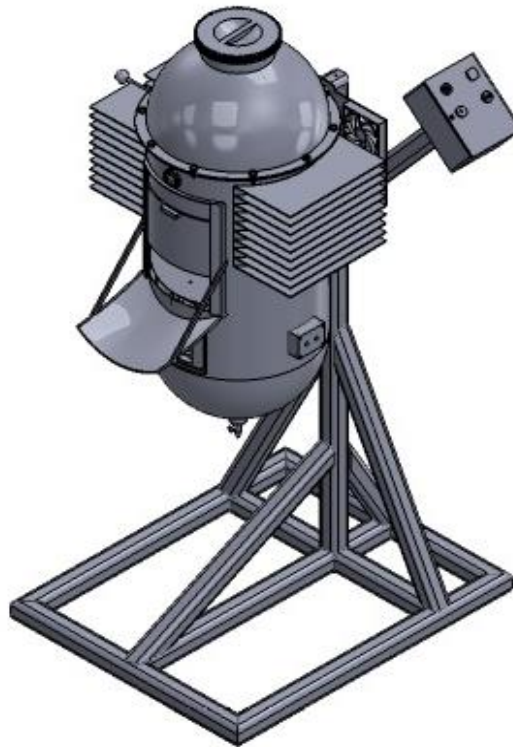
N.º	Función	Portadores de solución		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Abastecimiento de granos	 Tolva	 Faja transportadora	 Manual
2	Cámaras de fermentación	 Cámara 1	 Cámara 2	 Cámara 3





*Nota: la trayectoria del color verde expresa la solución 1, la trayectoria del color naranja es la solución 2 y la trayectoria de color azul en la solución 3*

### **b) Concepto de solución 1**



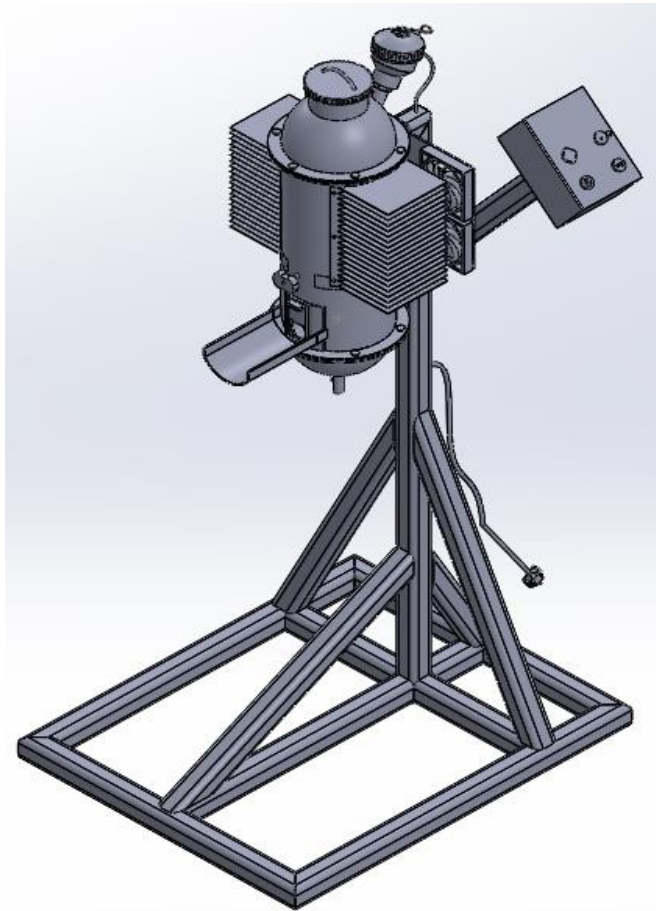
*Figura 13. Alternativa de solución 1*

La máquina comprende básicamente tres cámaras que tienen diferentes funciones las que son: la primera cámara es donde se sitúa la resistencia con el agua, la segunda cámara es el depósito de las frutas, y la tercera cámara es donde irá el café pergamino. Se tiene un sensor de temperatura que controlará los rangos permitidos y unos ventiladores para no exceder el calor necesario para el fermentado. La alimentación del café será manual a la tercera cámara donde el café absorberá las propiedades organolépticas de las frutas que se encuentran en la segunda cámara, al terminar el proceso el vaciado será mediante un mecanismo de inclinación.

### **c) Concepto de solución 2**

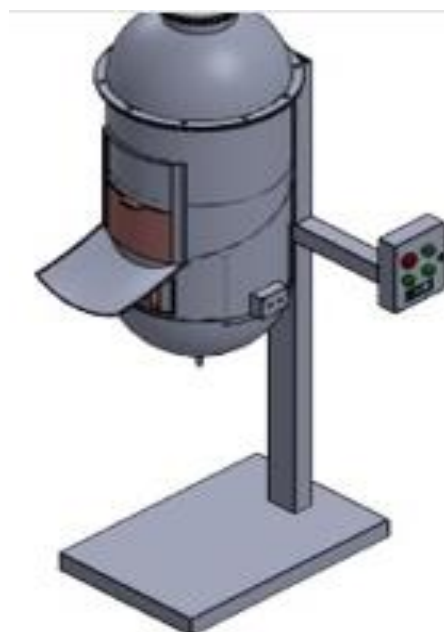
La figura 14 plasma la segunda alternativa de solución para el funcionamiento de esta máquina, una alimentación de corriente de 220 V con una frecuencia de 60 Hz tipo de clavija A con la que se puede accionar la resistencia de cerámica que se encuentra en la primera cámara y la caja de control que está compuesta por un Arduino que controla el pirómetro y los ventiladores; en la segunda cámara está el depósito de frutas y en la tercera

cámara está una rejilla donde se encuentra el café y unos alabes a los costados para poder dispersar uniformemente el aire en todo el cilindro.



*Figura 14. Alternativa de solución 2*

**d) Concepto de solución 3**



*Figura 15. Alternativa de solución 3*

La figura 15 expresa la tercera alternativa de solución, para el funcionamiento de esta máquina se necesita un temporizador que controlará el tiempo de encendido de la resistencia de cerámica durante el tiempo programado, donde la resistencia de cerámica está localizada en la primera cámara con el agua para poder generar vapor al momento de ser accionado, en la segunda cámara está el depósito de frutas y en la tercera cámara estará el café pergamino; esta máquina solo tendrá un termómetro en la parte inferior de la máquina para controlar la temperatura generada por la resistencia.

#### D) Evaluación de conceptos

##### a) Análisis técnico de los conceptos de solución

El concepto de solución será el que se acerque más al valor técnico ideal.

Los puntajes «P» comprenden el rango de 0 – 4 donde:

0 – No satisface

1 – Casi aceptable

2 – Suficiente

3 – Aceptable

4 – Muy aceptable

**Tabla 14. Análisis técnico de solución**

Análisis técnico del concepto de solución (Xi)								UC
Máquina para elevar los gustos organolépticos y reducir el tiempo de fermentado del café								
Características principales		Solución 1		Solución 2		Solución 3		
N.º	Criterios de evaluación	g	p	gp	P	gp	p	gp
1	Función principal	9	4	36	4	36	4	36
2	Geometría	8	4	32	3	24	2	16
3	Energía	8	4	32	3	24	3	24
4	Materia	7	4	28	4	28	4	28
5	Seguridad	9	4	36	4	36	2	19
6	Fabricación	8	4	32	3	24	3	24
7	Montaje	6	4	24	3	18	3	18
8	Mantenimiento	7	3	21	2	14	2	14
9	Costo	8	4	32	3	24	3	24
Puntaje máximo		70	35	273	29	228	26	203
Valor técnico		0.975		0.814		0.725		

*Nota:* g = valor que se les asigna a las características en un rango del 1- 9; p = puntaje con un rango de 0 - 4 que se les asigna a los criterios; gp = es el producto de (g-p)

### b) Análisis económico de los conceptos de solución

El concepto de solución será el que se acerque más al valor económico ideal del 1.

Los puntajes «P» comprenden el rango de 0 – 4 donde:

- 0 – No satisface
- 1 – Casi aceptable
- 2 – Suficiente
- 3 – Aceptable
- 4 – Muy aceptable

**Tabla 15. Análisis económico de la solución**

Análisis económico del concepto de solución (Yi)								UC
Máquina para elevar los gustos organolépticos y reducir el tiempo de fermentado del café								
Características principales		Solución 1		Solución 2		Solución 3		
N.º	Criterios de evaluación	g	p	gp	P	gp	p	gp
1	Función principal	9	4	36	4	36	4	36
2	Geometría	8	4	32	3	24	2	16
3	Energía	8	3	24	2	16	3	24
4	Materia	7	4	28	3	21	4	28
5	Seguridad	9	4	36	3	27	2	18
6	Fabricación	8	3	24	3	24	2	16
7	Montaje	6	3	18	2	12	3	18
8	Mantenimiento	7	3	21	2	14	2	14
9	Costo	8	4	32	2	32	2	16
Puntaje máximo		70	32	251	23	206	24	186
Valor técnico		0.896		0.736		0.664		

*Nota:* g = valor que se les asigna a las características en un rango del 1- 9; p = puntaje con un rango de 0 - 4 que se les asigna a los criterios; gp = es el producto de (g-p)

### c) Gráfico del análisis técnico – económico

la tabla 16 se detallan los valores de los tres conceptos de solución para hallar el mejor valor de análisis técnico y económico para el desarrollo de la fermentadora de café.

**Tabla 16. Análisis técnico vs económico**

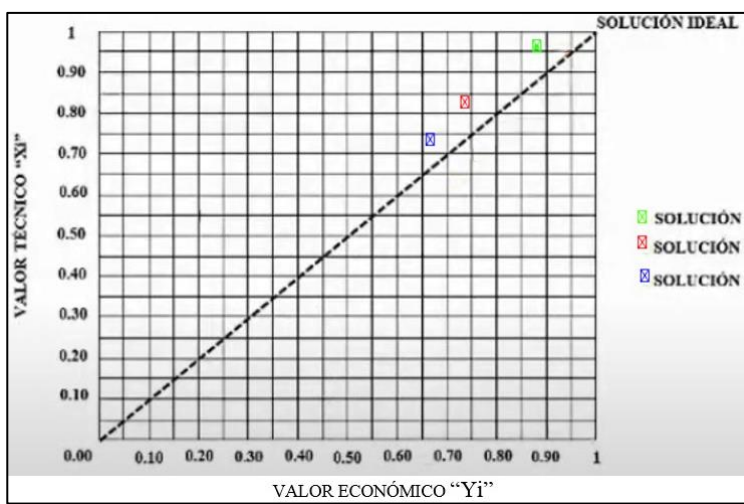
Xi	Yi
----	----



S1	0.975	0.896
S2	0.814	0.736
S3	0.725	0.664

*Nota:* S1 = solución 1: S2 = solución 2: S3 = solución 3: Xi = valor técnico:  
Yi = valor económico

se realizará una gráfica plasmada en la figura 16, donde se tiene como modelo la solución ideal para el desarrollo de la fermentadora de café.



*Figura 16. Gráfico de evaluación técnica vs. económica*

#### d) Concluir cuál es el concepto de solución adecuado para el diseño

Después de analizar las tres alternativas de solución mediante la matriz morfológica y los análisis técnico–económicos se llega a la conclusión que la alternativa 1 «SI» es la óptima debido a que tiene un mayor equilibrio tanto técnico como económico y está más próximo a la solución ideal, es por lo que a continuación se describen los modelos claves que tendrá la máquina.

- **Primer módulo:** este módulo consta del tanque principal de la fermentación, donde se agrupan los componentes en el interior del tanque, que estará sujeto a una base principal, que dará una estabilidad firme al tanque principal.
- **Segundo módulo:** este módulo comprende a la estructura principal, que dará un equilibrio firme ya que esta estructura soportará el tanque de fermentado, la base de los ventiladores, los ventiladores y la caja de control.

- **Tercer módulo:** este módulo comprende a las tapas superior como inferior de la fermentadora de café.

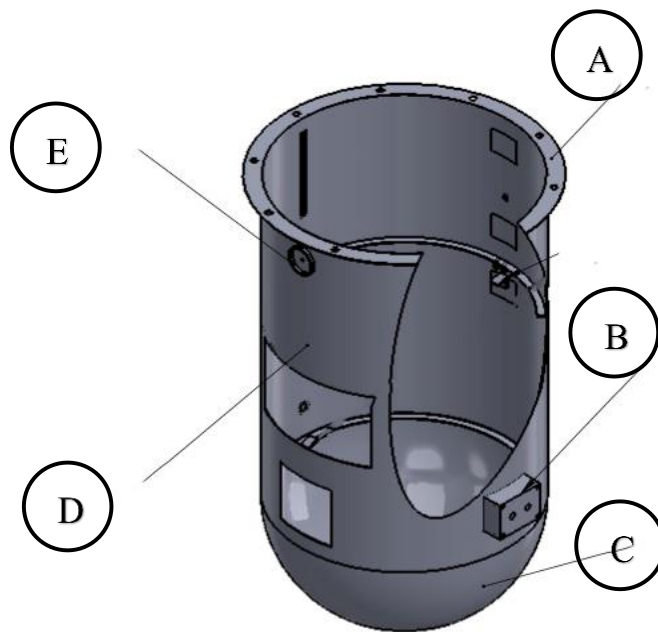
#### 4.2.2. Fase III. Elaboración del proyecto

##### 4.2.2.1. Proyecto preliminar

##### A) Modelado preliminar

##### a) Bosquejo del tanque principal

En la figura 17 se representa la parte interna y externa del tanque principal.

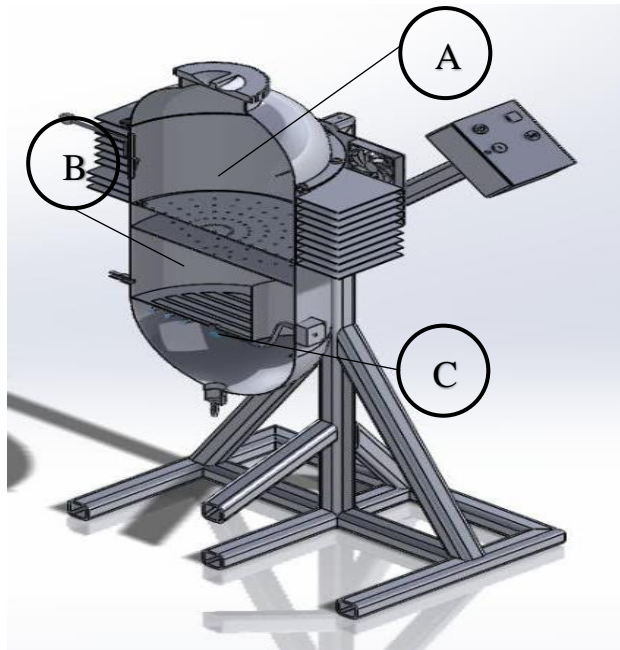


*Figura 17. Partes externas e internas del tanque principal*

El tanque principal estará anclado a una estructura fija, que dará un equilibrio, en la parte superior (A) estará unido mediante pernos y un empaque para poder evitar fugas de vapor, la conexión (B) de la corriente eléctrica hacia la resistencia, la tapa inferior (C) donde se almacenará el agua junto a la resistencia, el sensor de temperatura (E) que se puede controlar la temperatura que se genera dentro del tanque.

##### b) Diseño de las cámaras interiores

En la figura 18 se representa las cámaras interiores de la máquina.

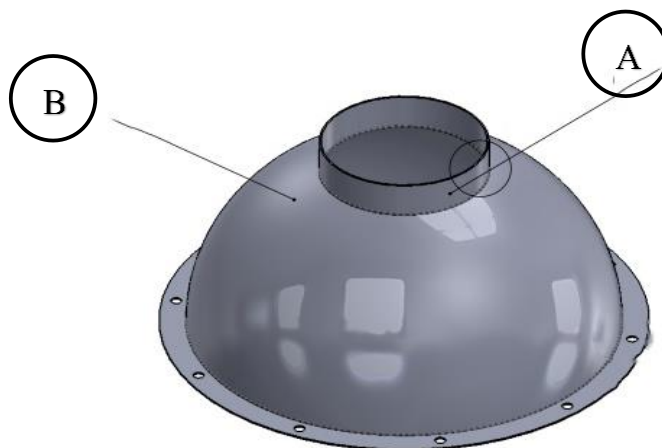


**Figura 18. Cámaras interiores de la máquina**

Las cámaras interiores de la máquina están divididas en 3 espacios, en la primera cámara (A) se encuentra el agua y la resistencia, en la segunda el depósito de frutas (B) y, la tercera cámara (C) donde estará alojado el café pergamino.

**c) Diseño de la tapa superior de la máquina**

En la figura se presenta la tapa superior de la máquina.



**Figura 19. Tapa superior de la máquina**

La forma cilíndrica (B) obedece en general, a varias razones. La fundamental es la resistencia del material. Al tener una continuidad de arco completo, resisten mejor tanto las presiones internas como externas.

## B) Proyecto definitivo

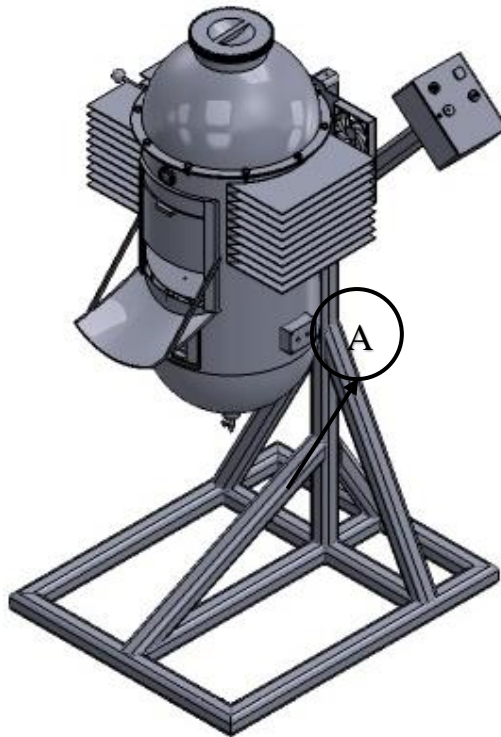
En la figura 20 se detalla la máquina a diseñar.



*Figura 20. Modelo final de la máquina fermentadora de café*

El dibujo definitivo representa a la alternativa de solución 1, siendo esta la óptima de acuerdo con los análisis realizados.

### a) Cálculos de las fuerzas en el soporte «A»

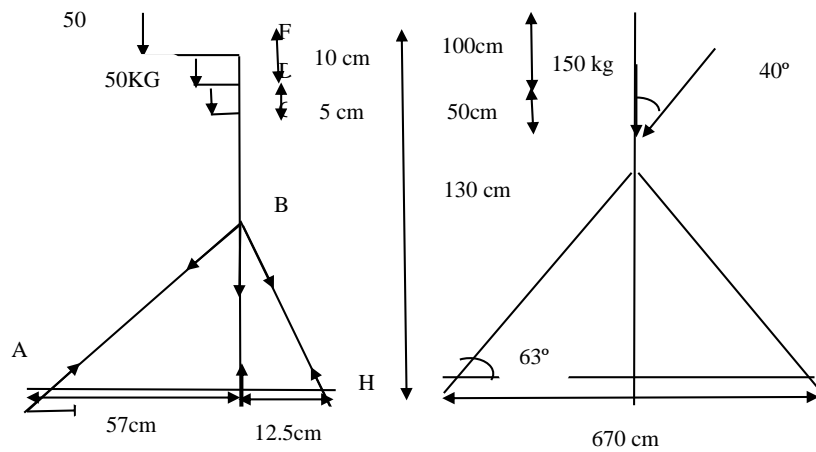


*Figura 21. Modelo final de la fermentadora, donde: «A» estructura del soporte*

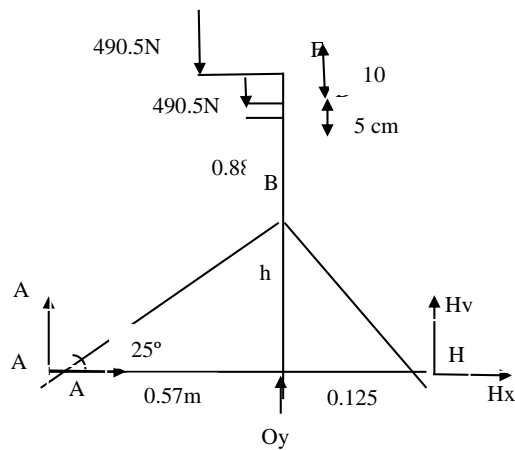


*Figura 22. Modelo de la estructura*

**b) Diagrama de cuerpo libre (DCL)**



Hallando tensiones:



$$\sum F_y = 0$$

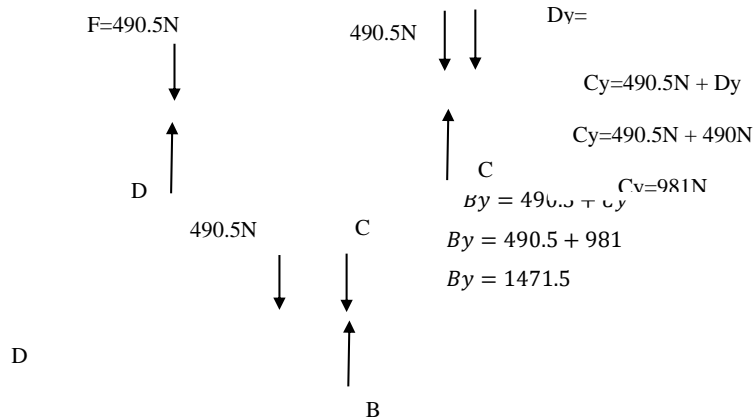
$$490.5 \cdot 3 = 1471.5N$$

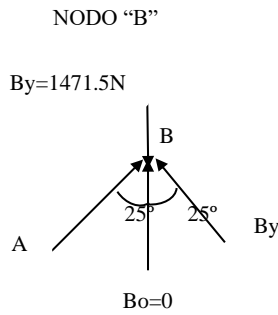
$$\frac{h}{0.57} = \tan 25^\circ$$

$$h = 0.265$$

$$\sum M_a = 0$$

$$O_y(0.57) + H_y(0.695) = 0$$





$$\sum Fy = 0$$

$$AB\text{sen}25 + BH\text{sen}60 + Bo = 1471.5$$

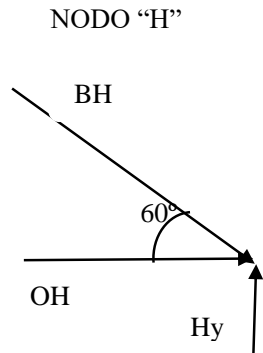
$$\sum Fx = 0$$

$$AB\text{cos}25 - BH\text{cos}60 = 0$$

Sistema de Ecuaciones

$$AB = 738.56N$$

$$BH = 1338.7N$$



$$\sum Fy = 0$$

$$BH\text{sen}60 = Hy$$

$$Hy = 1338.7\text{sen}60$$

$$Hy = 1159.35N$$

$$\sum Fx = 0$$

$$BH\text{cos}60 + OH = 0$$

$$OH = 1338.7\text{cos}60$$

$$OH = -669.35N$$

**Conclusión:** dado los esfuerzos sometidos en la estructura de la máquina fermentadora de granos de café se llegó a concluir que si pasamos el peso de 55 kg habrá una deformación en la estructura y desequilibrio de la máquina.

c) Cálculos de las fuerzas en la parrilla del café «B»

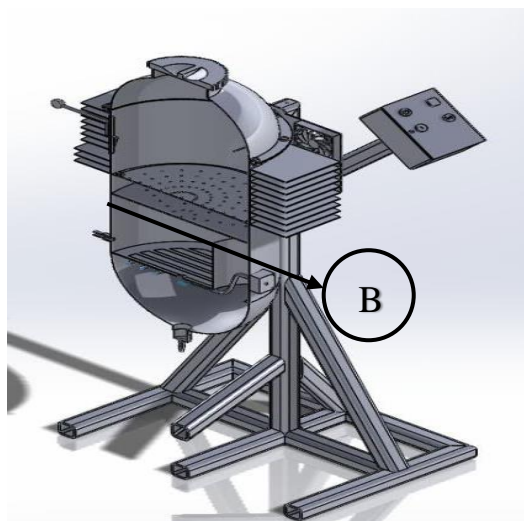


Figura 23 Modelo interior de la máquina, donde: «B» la tercera cámara de fermentación



Figura 24. Modelo de la parrilla móvil

**Datos**

$$D_{\text{diametro}} = 0.45\text{m} \quad A_{\text{area}} = 0.2168\text{m}^2 \quad \gamma_{\text{fluencia}} = 7050 \frac{\text{N}}{\text{m}} \dots [\text{pag. 25}]$$

$$L_{\text{longitud}} = 0.172\text{m} \quad m_{\text{masa}} = 10\text{kg}$$

• **Cálculo del esfuerzo normal**

$$\gamma_{\text{normal}} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots [(2)_{\text{pag.25}}]$$

$$\gamma_{\text{normal}} = \frac{98.1}{0.2168} = 452.49 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

• **Cálculo de factor de seguridad**

$$fn = \frac{\gamma_{\text{fluencia}}}{\gamma_{\text{normal}}} \dots \dots \dots [(3)_{\text{pag25.}}]$$

$$fn = \frac{7050 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{452.49 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 15.58$$

**Conclusión:** el volumen del cilindro de la tercera cámara será de  $0.2735\text{m}^3$  que estará almacenada con 10 kg de café.



d) Cálculo del volumen de la cámara de fermentación «C»

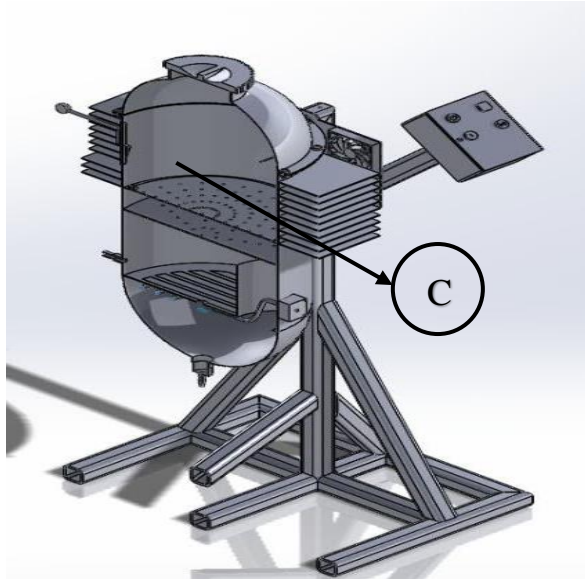


Figura 25. Modelo interior de la máquina, donde: «C» la tercera cámara de fermentación

**Datos**

$$D_{\text{diametro}} = 0.45\text{m} \quad V_{\text{volumen café}} = 0.1094\text{m}^3$$

$$L_{\text{longitud}} = 0.172\text{m} \quad m_{\text{masa}} = 10\text{kg}$$

• **Cálculo de la densidad del café**

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots [(1) \text{ pag.22}]$$

$$\rho = \frac{10}{\pi * 0.45^2 * 0.172} = 91.39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

• **Cálculo del volumen del café**

$$V_{\text{cafe}} = \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots [(4) \text{ pag.28}]$$

$$V_{\text{cafe}} = \frac{10}{91.39} = 0.1094\text{m}^3$$

- **Cálculo del volumen del cilindro**

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{V_{\text{cafe}}}{0.4}$$

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{0.1094}{0.4} = 0.2735\text{m}^3$$

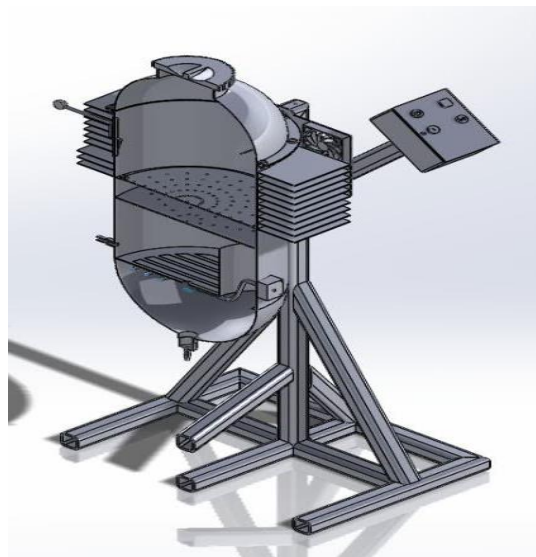
- **Cálculo de la masa a fermentar es aproximado**

$$m = V_{\text{cafe}} * \rho \dots \dots \dots [(5)_{\text{pag.28}}]$$

$$m = 0.1094 * 91.39 = 9.998 \text{ kg} \cong 10\text{kg}$$

**Conclusión:** el volumen del cilindro de la tercera cámara será de  $0.2735\text{m}^3$  la cual estará almacenada con 10kg de café.

**e) Cálculos de transferencia de calor**



*Figura 26. Modelo interior de la máquina, donde se realizará la fermentación*

**Datos**

$$T_{\text{final}} = 40 \text{ C}^\circ \quad T_{\text{ambiente}} = 29 \text{ C}^\circ \quad T_{\text{promedio}} = 34.5 \text{ C}^\circ \dots [\text{Tabla 7}_{\text{pag.30}}]$$

$$A_{\text{area}} = 0.2432\text{m}^2 \quad Pr. = 0.7372 \dots \dots \dots [\text{Tabla 6}_{\text{pag.17}}]$$

- **Cálculo de coeficiente de expansión**

$$B = \frac{1}{T_{\text{promedio}} + 273} \dots \dots \dots [(6)_{\text{pag.28}}$$

$$B = \frac{1}{34.5 + 273} = 0.00325 \frac{1}{\text{k}}$$

- **Cálculo del número de Rayleigh**

$$Ra_D = \frac{gB(T_s - T_{\text{amb}})D^3}{\nu^2} * Pr \dots \dots \dots [(7)_{\text{pag.29}}$$

$$Ra_D = \frac{9.81 * 0.00325(40 - 34.5)0.45^3}{(1.0145 \times 10^{-5})^2} * 0.7372 = 15.53 \times 10^7$$

- **Cálculo del número de Nusselt**

$$Nu = \left( 0.6 \frac{\left( 0.387 * Ra_D^{\frac{1}{6}} \right)^{\frac{8}{27}}}{\left( 1 + \left( \frac{0.559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right) \dots \dots \dots [(8)_{\text{pag.29}}$$

$$Nu = \left( 0.6 \frac{\left( 0.387 * 15.53 \times 10^7^{\frac{1}{6}} \right)^{\frac{8}{27}}}{\left( 1 + \left( \frac{0.559}{1} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right) = 102.22$$

- **Cálculo del coeficiente de transferencia de calor**

$$h = \frac{k}{D} * Nu \dots \dots \dots [(9)_{\text{pag.29}}$$

$$h = \frac{0.0192}{0.45} * 102.22 = 4.36 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{k}} \right]$$

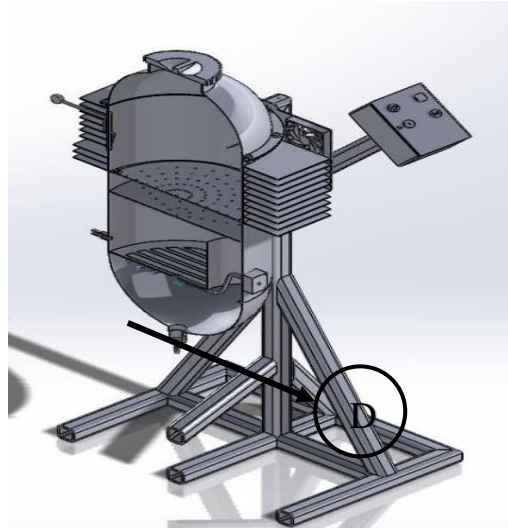
- **Cálculo de la pérdida de calor por convección**

$$Q = hA(T_s - T_{\text{amb}}) \dots \dots \dots [(10)_{\text{pag.29}}$$

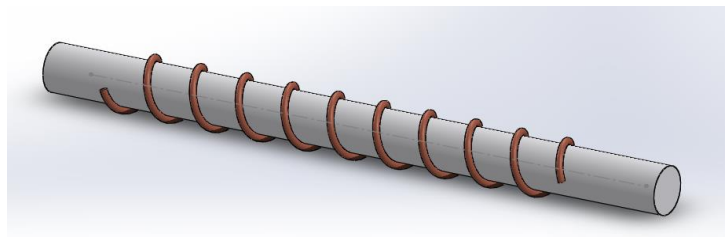
$$Q = 4.36 * 0.2432(40 - 34.5) = 5.832(\text{W})$$

**Conclusión:** la pérdida de calor por convección que se generará en la máquina fermentadora de café será 5.832 w

**f) Cálculos de la resistencia eléctrica «D»**



*Figura 27. Modelo final de la fermentadora, donde: «D» es la primera cámara de fermentación donde se encuentra la resistencia eléctrica*



*Figura 28. Modelo de la resistencia eléctrica*

**Datos**

$V_{\text{voltaje}} = 220\text{v}$

$m_{\text{masa}} = 14\text{L}$

$T_{\text{inicial}} = 20.5\text{ C}^\circ$

$T_{\text{final}} = 40\text{ C}^\circ$

$C_{e(\text{agua})} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}} \dots [ \text{ pag.16} ]$

$T_{\text{encendido}} = 30 \text{ minutos}$

**• Calculando la cantidad de calor**

$Q = mC_e * (\Delta T^\circ) \dots \dots \dots [ (10)_{\text{pag.32}} ]$

$Q = 14000\text{gr} \left( 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}} \right) * (40^\circ\text{C} - 20.5^\circ\text{C}) = 273000 \text{ Cal}$

- **Cálculo de la resistencia eléctrica**

$$Q = 0.24 \frac{V^2}{R} * T_{\text{tiempo}} \dots\dots\dots [(11)_{\text{pag.32}}]$$

$$R = \frac{0.24 * 220^2 * 30 * 60}{273000} = 76.59 \Omega$$

- **Cálculo de la potencia eléctrica**

$$P = \frac{E}{T_{\text{tiempo}}} \dots\dots\dots [(13)_{\text{pag.32}}]$$

$$P = \frac{\frac{273000 \text{ cal}}{0.24}}{1800 \text{ s}} = 631.94 \omega$$

- **Cálculo de la energía consumida por cada minuto de funcionamiento**

$$E = P * T_{\text{tiempo}} \dots\dots\dots [(14)_{\text{pag.32}}]$$

$$E = 631.94 \omega * 60 \text{ s} = 37916.4 \text{ J}$$

- **Cálculo de la intensidad de corriente**

$$I = \frac{P_{\text{potencia}}}{V_{\text{voltaje}}} \dots\dots\dots [(15)_{\text{pag.32}}]$$

$$I = \frac{631.94 \omega}{220 \text{ v}} = 2.84 \text{ A}$$

- **Cálculo de la energía disipada en 30 minutos**

$$E = P_{\text{potencia}} * T_{\text{tiempo}} \dots\dots\dots [(16)_{\text{pag.32}}]$$

$$E = 631.94 \omega * 30 \text{ m} * 60 \text{ s} = 1137.492 \text{ kJ}$$

**Conclusión:** la potencia eléctrica que vamos a necesitar para el calentamiento del agua será de 631.94  $\omega$  y la energía disipada en un tiempo de 30 minutos será de 1137.49 kJ

g) Cálculos de la potencia del ventilador «E»

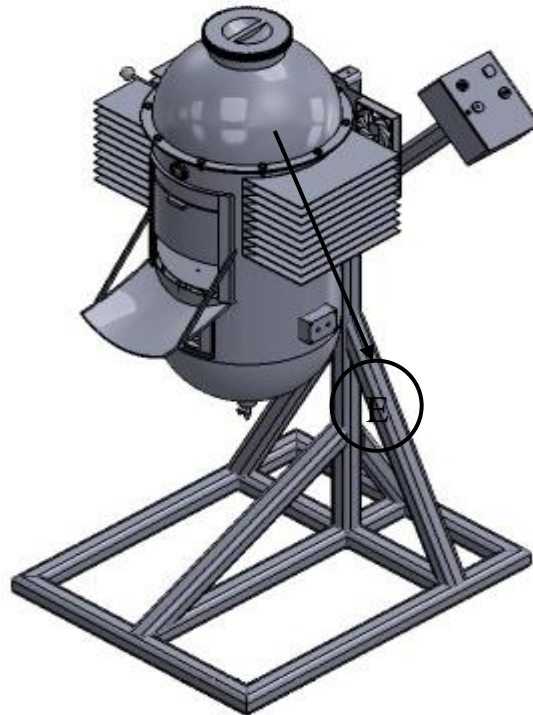


Figura 29. Modelo final de la fermentadora, donde: «D» son los ventiladores de refrigeración

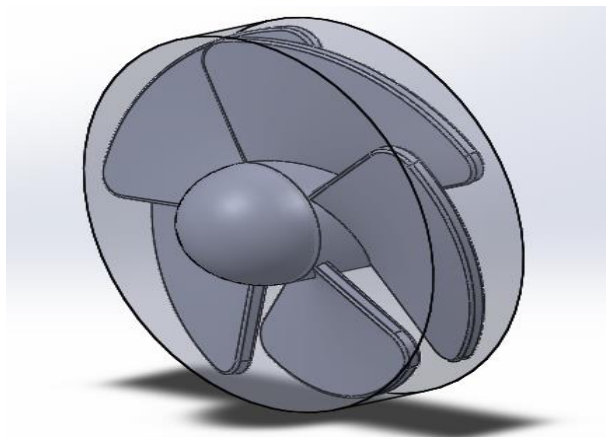


Figura 30. Modelo del ventilador de refrigeración

**Datos**

$$V_{\text{promedio}} = 4.8 \frac{\text{km}}{\text{h}} \dots$$

$$f_{\text{frecuencia}} = 60\text{Hz}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.1474 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$n_{\text{rotacion}} = 2500 \text{ RPM.} \dots [\text{Tabla 10}]$$

$$A_{\text{área}} = 0.0013\text{m}^2 \dots [\text{Tabla 10}]$$

$$Q_{\text{caudal}} = \frac{5.38\text{m}^3}{\text{s}} \dots [\text{Tabla 10}]$$

- **Cálculo de velocidad del aire entrante (m/h)**

$$V_e = 4.8 \frac{km}{h} \left( \frac{1000 m}{1 km} \right) \left( \frac{1 h}{3600s} \right) = 1.33 \frac{m}{s}$$

$$V_e = 1.33 \left( \frac{m}{s} \right) \left( \frac{3600s}{1h} \right) = 4788 \frac{m}{h}$$

- **Cálculo de la capacidad del ventilador**

$$C_{capacidad} = V_e * A \dots \dots \dots [(17)_{pag35}]$$

$$C_{capacidad} = 4788 \frac{m}{h} * 0.0013m^3 = 6.22 \frac{m^4}{h}$$

- **Cálculo de la presión dinámica**

$$P_d = \rho * g \dots \dots \dots [(18)_{pag35}]$$

$$P_d = 1.1474 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s} = 11.26 P_a$$

- **Cálculo de la velocidad de salida**

$$P_d = \left( \frac{V_s^2 - V_e^2}{2} \right) * \rho \dots \dots \dots [(19)_{pag35}]$$

$$V_s = \sqrt{\frac{2 * 11.85 * 1.33^2 \frac{m}{s}}{1.1474 \frac{kg}{m^3}}} = 5.89 \frac{m}{s}$$

- **Cálculo de la potencia**

$$\Delta \dot{E}C = \frac{1}{2} * Q * \rho * (V_s - V_e) \dots \dots \dots [(21)_{pag36}]$$

$$\Delta \dot{E}C = \frac{1}{2} * \left( 5.38 \frac{m^3}{s} \right) * 1.1474 \frac{kg}{m^3} * \left( 5.89^2 \frac{m}{s} - 1.33^2 \frac{m}{s} \right) = 101.61 \omega$$

**Conclusión:** la capacidad del ventilador es de  $6.2 \frac{m^3}{h}$  y una potencia de  $101.61 \omega$  que ayudará a bajar la temperatura cuando el café está en el proceso de fermentado que debe exceder la temperatura de  $40^\circ C$ .

#### 4.2.2.2. Simulaciones por elementos finitos

##### A) Simulaciones en la estructura, parrilla móvil y factor de seguridad

##### a) Análisis de esfuerzo en la estructura

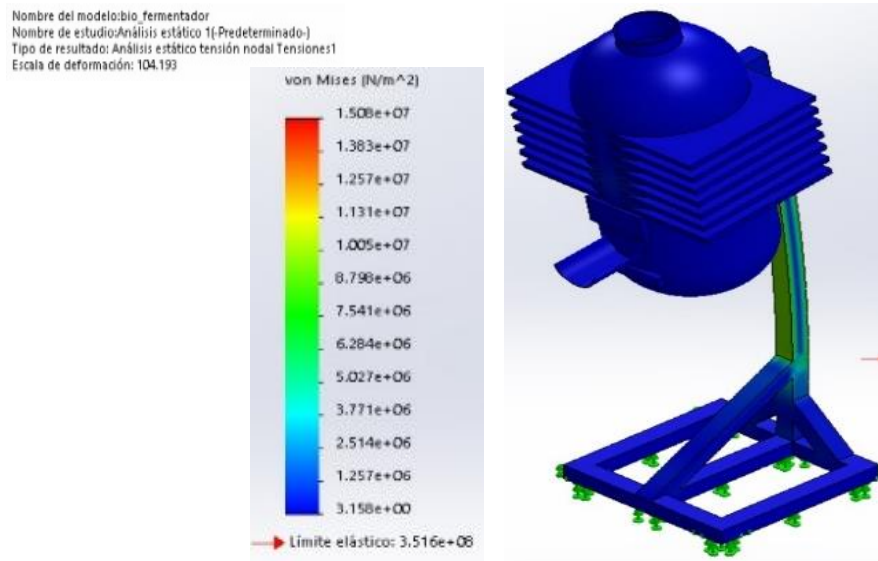


Figura 31. Modelado del esfuerzo de la estructura

**Interpretación:** análisis de esfuerzos en la estructura principal, que será sometida cuando la fermentadora este cargada con el café, la fruta y el agua. El límite elástico del material es 351 MPa, y el esfuerzo máximo ocasionado por las cargas externas es 15 MPa, lo que quiere decir que la estructura es muy segura, no fallará.

##### b) Análisis de deformación de la parrilla móvil

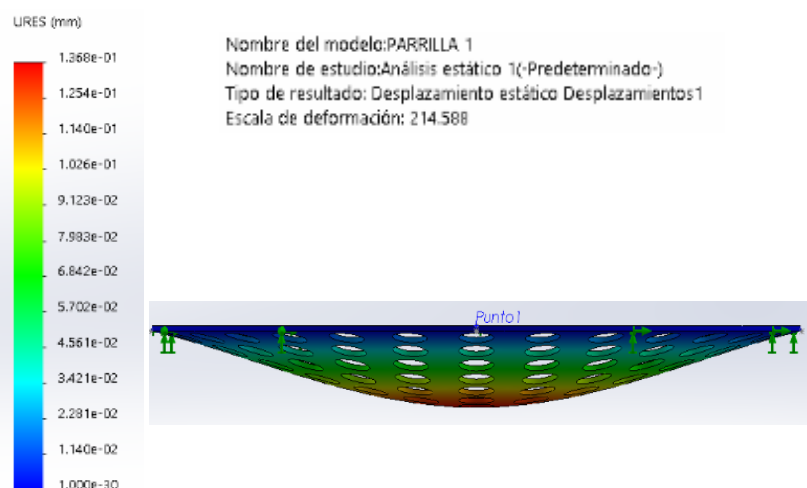


Figura 32. Modelado de la deformación de la parrilla móvil, por la carga de café



**Interpretación:** la máxima deformación ocasionada en la parrilla móvil por la carga del café es de 0.14 mm al centro de la parrilla, se encuentra en la zona elástica al no sobrepasar el límite elástico del material.

### c) Factor de seguridad

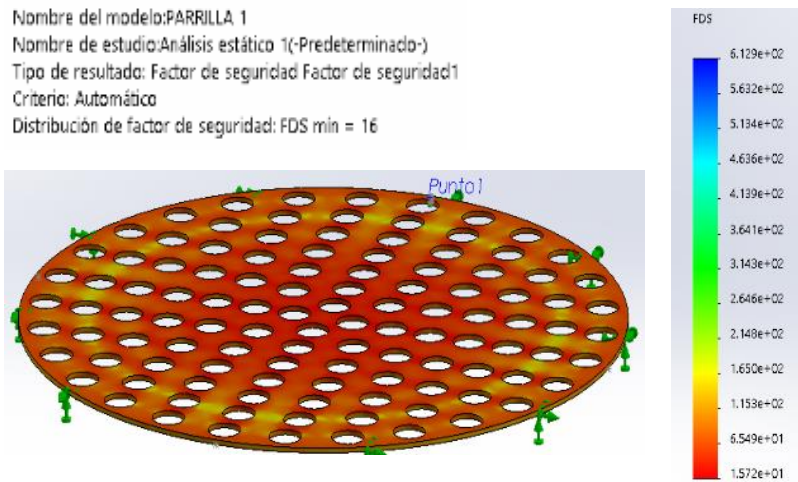


Figura 33. Modelado del factor de seguridad en la parrilla móvil

**Interpretación:** el análisis de esfuerzos realizado en la parrilla móvil da un favor de seguridad de 16 que es bastante seguro y no fallará.

### 4.2.2.3. Presentación del diseño final

#### A) Plano de ensamble

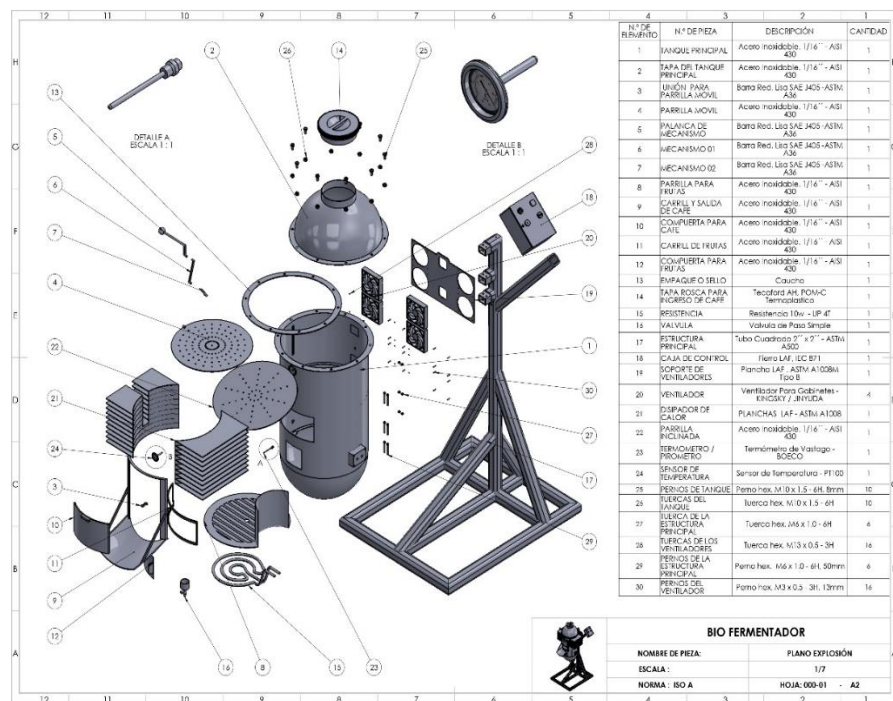


Figura 34. Plano de ensamble de la máquina fermentadora de café diseñada

## CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se trata sobre la construcción de la máquina en la totalidad, cumpliendo todas las etapas mencionadas en los anteriores capítulos utilizando como planos, simulación en *SolidWorks*, precisando los costos de los materiales y el costo de manufactura de los elementos normalizados.

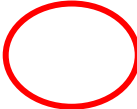


### 5.1. Construcción de la máquina


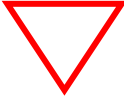
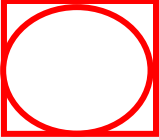
#### 5.1.1. Fase IV. Fabricación del prototipo

##### 5.1.1.1. Prototipado del diseño

Los resultados de los cálculos realizados en el capítulo IV donde se asignó un material para cada componente, se validaron mediante el *SolidWorks simulation*, para ello tomaremos el diagrama de fabricación (DOP) que ayudará en el proceso de representación de las partes críticas analizadas.

**Tabla 17. Símbolos de diagrama de operaciones (DOP)**

Simbología	Nombre	Descripción
	<b>Operación</b>	Indica las principales fases del proceso agrega, modifica, montaje, etc.
	<b>Inspección</b>	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	<b>Transporte</b>	Indica el movimiento de materiales, traslado de un lugar a otro.

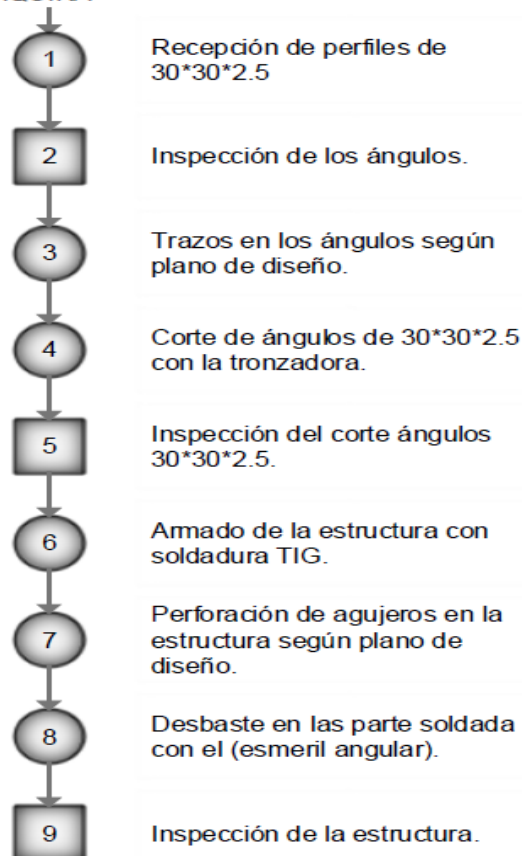
	<b>Espera</b>	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	<b>Almacenamiento</b>	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	<b>Combinación</b>	Indica varias actividades simultaneas.

## A) Construcción del prototipo

### a) Fabricación de estructura de la máquina

La estructura del prototipado es la columna principal de la máquina ya que esta parte va a soportar todo el peso del cilindro del fermentado más el café pergamino a procesar, donde se empleará un tubo cuadrado 2«x2»- ASTM A500, ya que este material va a resistir una carga axial al que va a estar expuesto cuando unimos el cilindro fermentador con el soporte que se emplea pernos de sujeción hexagonal M6 x 1.0-6H, 50 mm para tener una buena estabilidad.

#### ESTRUCTURA DE LA MAQUINA



*Figura 35. DOP estructura de la máquina*

## b) Fabricación del cilindro de fermentado

El sistema del cilindro de la máquina es donde se da todo el proceso de la fermentación de los granos de café, acotar que este es el proceso que va a tener mayor incidencia en cuanto a mejorar las características organolépticas, esta va a estar comprendida por tres cámaras que cumplirán las siguientes funciones; primera cámara: es donde se aloja la resistencia en conjunto con el agua y este va a generar el vapor que pasa a la segunda cámara que está ubicada por encima de la primera y es donde se alojan los frutos que se van a utilizar que, al contacto con el vapor, va a desprender el sabor de las frutas y por tema de gravedad va a ascender a la tercera cámara donde se alojan los granos de café, sabiendo que el café es como una esponja que tiene la particularidad de absorber los sabores, es donde se llega a cumplir el ciclo de fermentado cronometrando un tiempo determinado que va a durar dicho proceso.

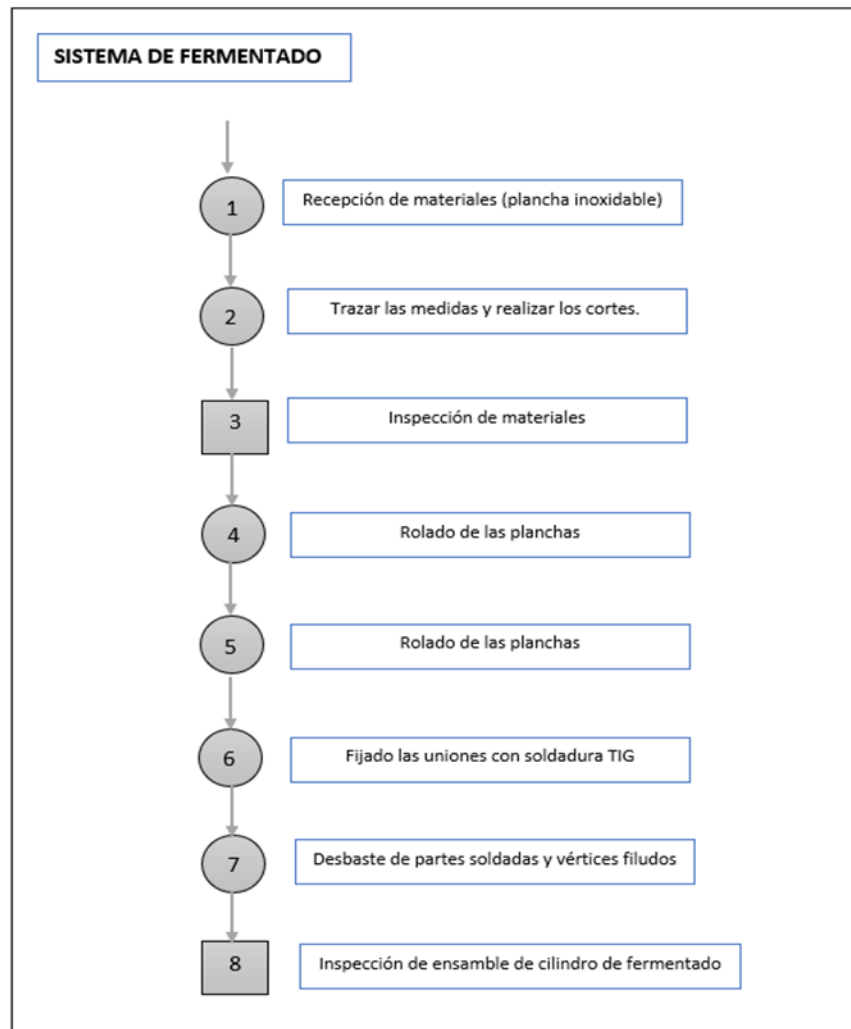
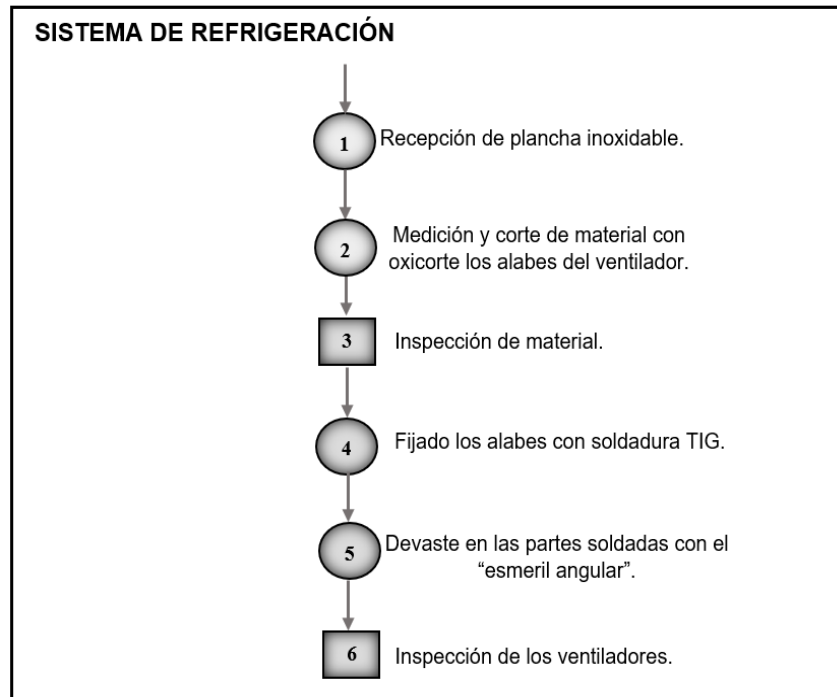


Figura 36. Fabricación del cilindro de fermentado

### c) Fabricación del sistema de refrigeración

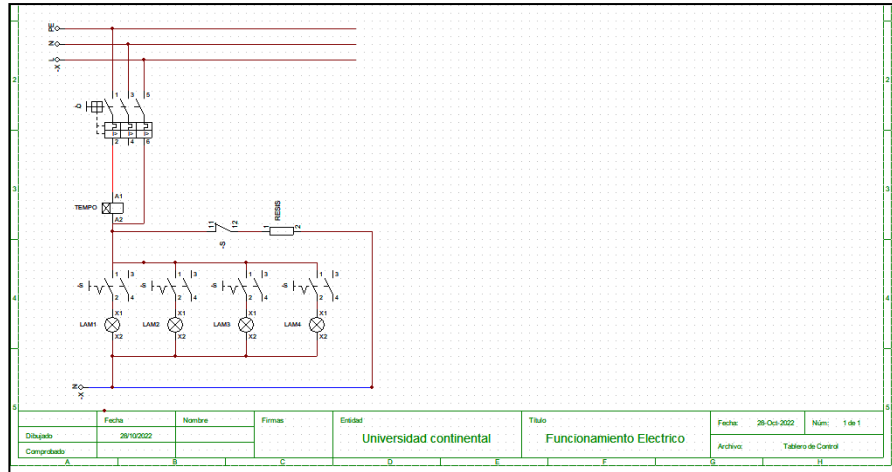
El sistema de refrigeración es el encargado de ventilar la cámara, para no exceder el calor necesario para el fermentado del café, por lo que se elaboró un diagrama de operaciones para ejecutar correctamente el diseño de los ventiladores.



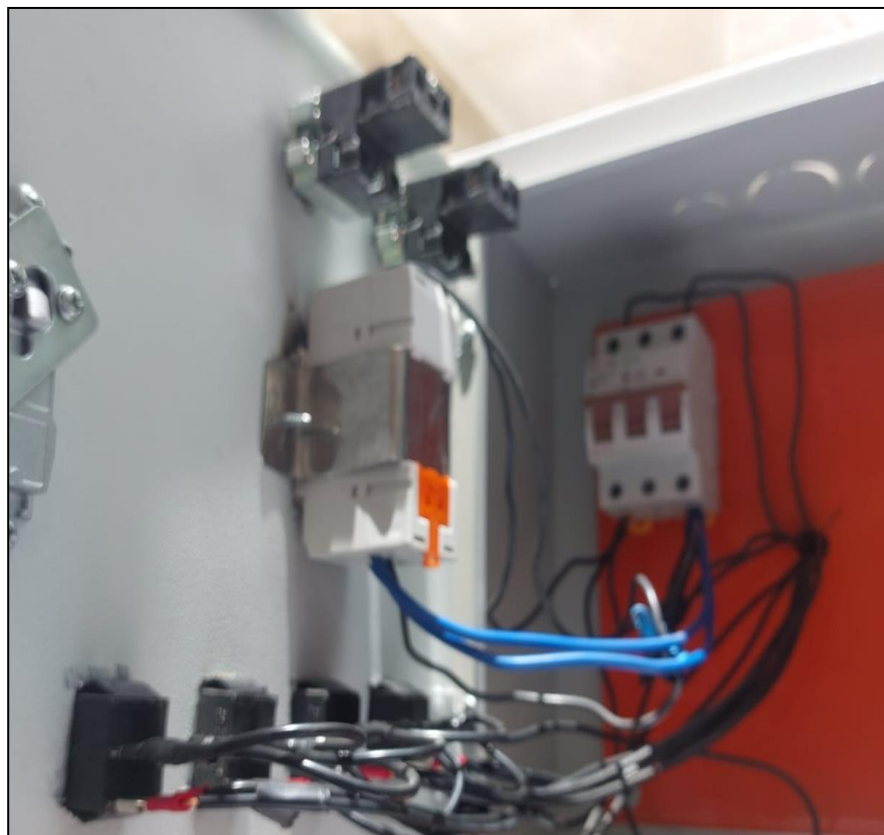
*Figura 37. Fabricación del sistema de refrigeración*

### d) Fabricación del tablero de control

El ensamble del prototipado del tablero de control debe ser ordenado, ya que es donde programaremos los intervalos de encendido de la resistencia, para tener una buena fermentación del café y así evitaremos el exceso de temperaturas en la cámara de fermentación.



**Figura 38. Modelo del sistema de mando**



**Figura 39. Conexiones eléctricas internas**



*Figura 40. Funcionamiento del tablero de control*

**e) Ensamble de la máquina fermentadora de café**

El armado de la máquina se llega a dar cronológicamente, iniciando de un bosquejo a mano alzada, seguidamente esa idea se llegó a plasmar en software (*SolidWorks*), para poder simular el funcionamiento y la resistencia que va a tener los materiales que se va a emplear para su fabricación; después de tener los planos listos se procedió a plasmar en la estructura para evitar errores en el ensamble, así mismo, se realizó para el desarrollo del cilindro.



*Figura 41. Ensamblaje de todos los componentes de la máquina*

#### **f) Ensamble del sistema de refrigeración**

Para el sistema de refrigeración lo que se optó por realizar son las incorporaciones de alabes, los que direccionaban el flujo de aire en la circunferencia de cilindro de fermentado, esto generado por las 4 hélices que se tiene en el parante del equipo, que tienen la función de disipar el calor interno de la tercera cámara y así evitar que el café se sobrecaliente (queme), que repercute en las características organolépticas.





*Figura 42. Ensamblaje de los componentes de refrigeración*

#### **g) Ensamble del sistema de control**

En el ensamble de la máquina el sistema del control cumple una función primordial, ya que en este sistema se va a dar toda la optimización de los procesos y es fundamental cumplir con la secuencia de instalación correcta y realizar la programación adecuada para poder realizar el fermentado de los granos de café sin que afecte las propiedades organolépticas, para poder cumplir todos los procesos de manera adecuada se va a utilizar un circuito integrado de PLC.

En el ensamble del tablero de control contiene un temporizador que controlará el tiempo de encendido de la resistencia, juntamente con un pirómetro digital que está controlado a través de un PLC, que ayudará a tener una temperatura adecuada en el cilindro de fermentado, ya que si excede la temperatura se accionarán los ventiladores para mantener la temperatura en el rango y evitar que el café pueda quemarse y repercutir en las características organolépticas.



*Figura 43. Ensamble del panel de control*

## **5.2. Pruebas y resultados**

### **5.2.1. Validación del diseño con una muestra por fermentado tradicional y otra obtenida con el prototipo**

Se realizaron las pruebas de rigor para una variedad de café tipo Catimor, se dividieron dos muestras uno para un proceso de fermentado de manera tradicional a 24 horas obteniendo una calificación organoléptica de 75.50 como se muestra en la figura 44. La otra muestra se realizó un proceso de fermentado con el prototipo, también a 24 horas, con la máquina fermentadora obteniendo una calificación organoléptica de 80.75, como se observa en la figura 45, lo que significa que con la máquina fermentadora se elevó 5.25 puntos, lo que concluye que sí se logró con los objetivos planteados.

**FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ**

**DATOS GENERALES**

<b>FECHA</b>	27/10/2020	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>NOMBRE</b>	HUAMAN LAURA JEANPAUL
	<b>ZONA</b>	CHANCHAMAYO
	<b>VARIEDAD</b>	BLEND
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	M A



**Análisis Sensorial**

<b>Temperatura Inicio</b>	22 °C hasta 218 °C	<b>Apariencia</b>	GRANOS QUAKER
<b>Tiempo de Tostado</b>	09:30 minutos	<b>Quaker</b>	GRADO COMERCIAL
<b>Color / agron</b>	40 agron		
<b>% perdida</b>	17%		

TAZA		
CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	CARBON, CAUCHO, CACAO	7,00
Sabor	CHOCOLATE BITTER	6,50
Sabor Residual	RANCIO	6,00
Acidez	SUAVE / NEUTRA	6,50
Cuerpo	ASPERO	7,00
Balance		6,50
Uniformidad		10,00
Taza limpia		10,00
Dulzor		10,00
puntos del catador	FINAL AMARGO.	6,00
		75,50
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	2 catadores
	<b>Puntaje final</b>	75,50





Megumi Cuya Coronel  
Lic. Q ARABICA GRADER



Richard Velasque Damiano  
Lic. Q ARABICA GRADER

*Figura 44. Resultados de la calificación organoléptica según la muestra de café fermentado tradicionalmente, obteniendo un puntaje de 75.50*

FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ			
DATOS GENERALES			
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA	"C"	
	CATADOR 3	JULIO AREVALO	
	ALTITUD	1600 msnm	
	VARIEDAD	CATIMOR	
	PROCESO	LAVADO	
	CÓDIGO	A1	
			
Análisis Sensorial			
Tiempo de Tostado	10:10 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agron	62 agron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		
TAZA			
CARACTERISTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS	
Fragancia / aroma	MANGO, DURAZNO	8.00	
Sabor	LIMÓN DULCE, NUECES	7.75	
Sabor Residual	CHOCOLATE NAVIDEÑO	7.75	
Acidez	CITRICO	7.75	
Cuerpo	SUAVE / TERSO	7.75	
Balance	BALANCEADO	7.75	
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00	
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00	
Dulzor	SUAVE	10.00	
puntos del catador		7.75	
	FINAL DULCE.	84.50	
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador	
	Puntaje final	84.50	

  
 JULIO A. AREVALO TELLO  
 Director General

JULIO ABEL AREVALO TELLO  
 DIRECTOR

*Figura 45. Resultado de una muestra de café tratado con la máquina fermentadora de café obtuvo un puntaje de 84.50 considerado un café especial*

## 5.2.2. Validación del diseño con muestras de fermentado con el prototipo a diferentes tiempos

Se ha realizado cuatro pruebas de fermentado con distintos tiempos (A = 24 h, B = 18 h, C = 12 h, D = 8 h), tres catadores realizaron las calificaciones organolépticas, sus fichas de análisis físico y sensorial del café están en los anexos. Los resultados de la calificación organoléptica de los tres catadores para las cuatro muestras se muestran resumidas en la tabla 18.

### 5.2.2.1. Hipótesis estadística

$H_1$ : existe diferencia significativa entre las muestras por el tiempo de fermentado con la máquina diseñada.

**H<sub>0</sub>:** no existe diferencia significativa entre las muestras por el tiempo de fermentado con la máquina diseñada.

**Tabla 18. Matriz de datos obtenidos, donde las columnas representan los bloques donde están los catadores con la calificación total por muestra y en las filas están los tratamientos que representan las cuatro muestras según los tiempos de fermentado**

Tratamientos	Bloques		
Muestras fermentado	Catador 1	Catador 2	Catador 3
Muestra A	83	82.5	82.75
Muestra B	83.75	83	82.75
Muestra C	83.5	85.25	84.5
Muestra D	83.5	82.5	83.25

Para la prueba de hipótesis se realizó el «análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo» considerando un nivel de significancia de 0.05.

Se trabajó utilizando el complemento de Excel de «análisis de datos» para la opción de «análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo», obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 19. Cuadro resumen estadístico por muestras y catadores**

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestra A	3	248.25	82.75	0.0625
Muestra B	3	249.5	83.17	0.27
Muestra C	3	253.25	84.42	0.77
Muestra D	3	249.25	83.08	0.27
Catador 1	4	333.75	83.44	0.10
Catador 2	4	333.25	83.31	1.72
Catador 3	4	333.25	83.31	0.68

**Tabla 20. Cuadro de resultados del análisis de varianza**

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadros	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Posibilidad	Valor crítico para F
Filas (muestras)	4.807	3	1.602	3.55	0.0873494	4.75706
Tratamiento Columnas (catadores)	0.042	2	0.021	0.04615	0.95523068	5.14325
Bloques Error	2.708	6	0.451			
Total	7.557	11				

### A) Conclusiones del análisis de varianza

#### a) Se rechaza $H_0$ si $F_{tr}$ mayor o igual que 4.76

Como 3.55 es menor de 4.76 entonces se acepta  $H_0$ , por lo que:

«No existe diferencia significativa entre las muestras por el tiempo de fermentado con la máquina diseñada».

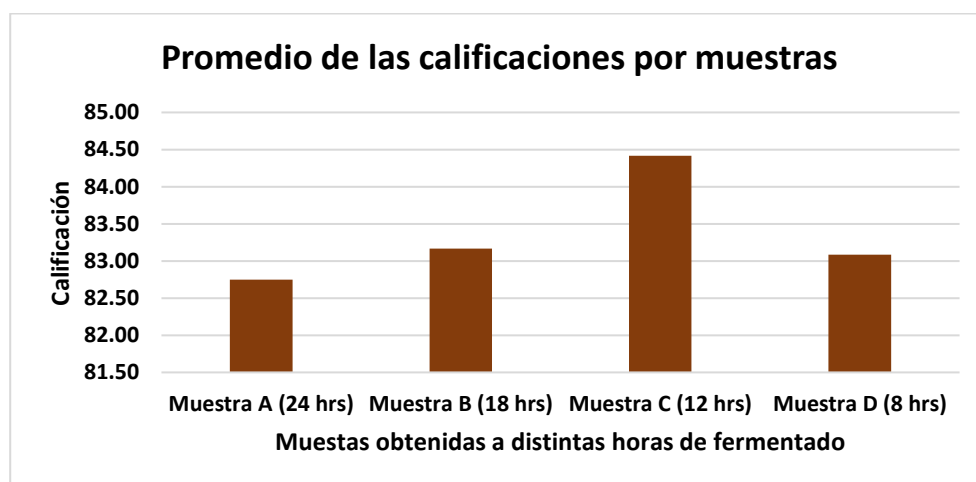
#### b) Se rechaza $H_0$ si $F_{bl}$ mayor de 5.14

Como 0.046 es menor que 5.14 entonces se acepta  $H_0$ , por lo que:

No existe diferencia significativa entre los catadores.

**Tabla 21. Cuadro promedio de la calificación organoléptica de las muestras de fermentado a diferentes tiempos**

Muestras fermentado por tiempo	Promedio de calificación catadores
Muestra A (24 h)	82.75
Muestra B (18 h)	83.17
Muestra C (12 h)	84.42
Muestra D (8 h)	83.08



**Figura 46. Gráfico del promedio de las calificaciones organolépticas de los catadores por muestras**

Entre los tiempos de fermentado con la máquina estadísticamente no existe diferencia significativa entre las muestras, porque son muy parecidas las calificaciones obtenidas por los catadores, eso quiere decir que se puede buscar el fermentado a diferentes tiempos y tendremos los resultados sin diferencia significativa, como se observa en la tabla 20 y sus conclusiones.

Como se observa en la figura 46, se recomienda el tiempo de fermentado de 12 horas, porque como promedio de las calificaciones es ligeramente más alto, de 82.75 a 84.42, y se bajaría el tiempo de fermentado tradicional de 24 horas a 12 horas con la máquina fermentadora.

### **5.3. Presupuesto de la máquina**

El presupuesto de la máquina de fermentado de granos de café se divide en costos de materiales para la fabricación, costos de elementos normalizados, costos de elementos elaborados (maquinado), costos de diseño y algunos costos indirectos como los costos administrativos, servicios y otros.

#### **5.3.1. Fase V. Ingeniería de detalles**

##### **5.3.1.1. Documentación de detalles**

###### **A) Planos de fabricación**

Los planos de fabricación completos están adjuntados en el anexo.

###### **5.3.1.2. Costos**

###### **a) Costo del proyecto de investigación**

Los costos de prototipado de la máquina, simulación y los planos detallados, integrando en los costos directos y costos adicionales se valorizan en un promedio de S/ 17 750.00 nuevos soles, considerando una etapa anual de 5 meses.

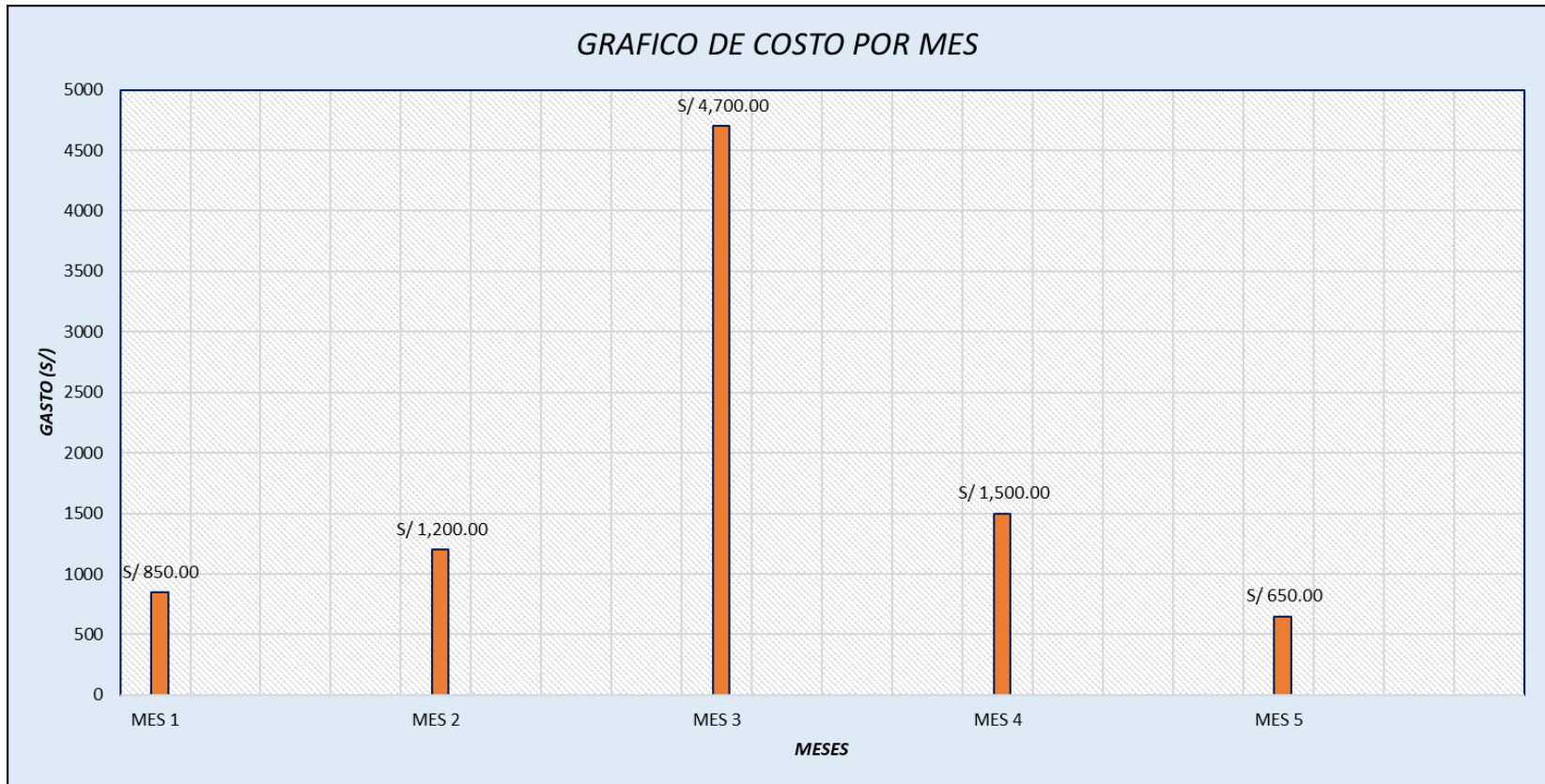
###### **b) Costos de adquisición de materiales para la fabricación**

Son los costos directos de materiales para la fabricación de la máquina, ya sean planchas, ejes, ángulos, etc., en la tabla siguiente se muestran detalladamente todos los costos de materiales.

**Tabla 22. Costos mensuales en el desarrollo del proyecto de tesis**

Ítem	Actividades	Costo por fecha				
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
1	- Búsqueda del problema	200				
2	- Formulación del problema	50				
3	- Recopilación de información	500				
4	- Elaboración del plan de proyecto	50				
5	- Envío a revisión y <i>feedback</i>	50				
6	- Levantar observaciones		100			
7	- Mejora en el planteamiento		100			
8	- Propuesta de diseño		100			
9	- Ejecución de diseño asistido por la computadora		400			
10	- Ejecución de pruebas del diseño (simulación)		400			
11	- Comparación y toma de datos del diseño		100			
12	- Análisis y selección del modelo final			200		
13	- Construcciones del modelo final				4500	
14	- Pruebas del modelo construido				800	
15	- Análisis de resultados de la máquina				500	
16	- Traspaso e interpretación de datos				100	
17	- Análisis y comparación de datos				100	
18	- Elaboración de informe final					200
19	- Presentación para segunda revisión					150
20	- Mejora de las observaciones					100
21	- Preparación, presentación y sustentación					200
22	- Publicación					0
	Presupuesto por mes de actividades	S/ 850.00	S/ 1200.00	S/ 4700.00	S/ 1500.00	S/ 650.00
	Presupuesto total de actividades					S/ 8900.00





*Figura 47. Costo mensual de fabricación del prototipo*

c) Costos adicionales

**Tabla 23. Costos adicionales para la elaboración del borrador de tesis**

Costos adicionales		
<b>Etapa I</b>	Libros, revistas, documentales	100
	Consulta a profesionales	200
	Asesoría técnica	200
<b>Etapa II</b>	Licencia de software ( <i>SolidWorks</i> )	150
	Software de simulación de esfuerzos, deformaciones ( <i>SolidWorks Simulación profesional</i> )	50
	Software Simulación de fluidos ( <i>SolidWorks flow Simulation HVAC</i> )	50
	Laboratorios	400
<b>Gastos extras</b>	Asesor	3000
	Hojas bond, anillado, empastado, etc.	50
	PC (Core I7 DE 8va generación)	3500
	Pasajes de movilidad del prototipo final	500
	Viáticos (traslado para las pruebas de laboratorio)	500
	Electricidad	150
	Internet	150
<b>Total</b>		<b>S/ 8850.00</b>

**Tabla 24. Costo de materiales directos**

<b>Lista de costos de materiales</b>					
Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1	Tanque principal	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	0.5	S/ 150.00	S/ 75.00
2	Tapa de tanque principal	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	0.5	S/ 150.00	S/ 75.00
3	Unión para parrilla móvil	Barra lisa SAE J405-ASTM A36	0.25	S/ 48.00	S/ 12.00
4	Parrilla móvil	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	0.25	S/ 150.00	S/ 37.50
5	Palanca de mecanismo	Barra lisa SAE J405-ASTM A36	0.25	S/ 48.00	S/ 12.00
6	Mecanismo 1	Barra lisa SAE J405-ASTM A36	0.1	S/ 48.00	S/ 4.80
7	Mecanismo 2	Barra lisa SAE J405-ASTM A36	0.1	S/ 48.00	S/ 4.80
8	Parrilla para fruta	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	0.5	S/ 150.00	S/ 75.00
9	Carril de ingreso y salida de frutas	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	0.25	S/ 150.00	S/ 37.50
10	Compuerta para café	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	0.25	S/ 150.00	S/ 37.50
11	Carril de frutas	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	1	S/ 150.00	S/ 150.00
12	Compuerta para frutas	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	1	S/ 150.00	S/ 150.00
13	Empaque de sello	Caucho natural negro 3/8 50 mm x 50 mm	1	S/ 87.00	S/ 87.00
14	Tapa roscado	Tecaford AH, POM-C termoplástica	1	S/ 200.00	S/ 200.00
15	Resistencia	Resistencia 10W-UP 4T	1	S/ 20.00	S/ 20.00
16	Válvula en esfera	1/2 en Inox	1	S/ 21.30	S/ 21.30
17	Estructura principal	Tubo cuadrado 2” x2” x5 m ASTM-500	1	S/ 165.00	S/ 165.00
18	Caja de control	Fierro LAF 1/16.IEC 871 x 2 m x 2 m	1	S/ 217.00	S/ 217.00
19	Soporte de ventiladores	Plancha acero al carbono 1/16 ASTM A1008M tipo B 30 mm x 30 mm	1	S/ 250.00	S/ 250.00
20	Ventiladores	Ventilador para gabinetes-Kingky/Jinyuda	4	S/ 40.00	S/ 160.00
21	Disipador de calor	Plancha a ASTM 1008	1	S/ 87.00	S/ 87.00
22	Parrilla inclinada	Plancha acero inoxidable 1/16 AISI – 430 15 mm x 10 mm	1	S/ 150.00	S/ 150.00
23	Pirómetro	Termómetro de vástago-BOECO	1	S/ 225.00	S/ 225.00
24	Sensor de temperatura	Sensor de temperatura-PT100	1	S/ 277.00	S/ 277.00
25	Pernos de tanque	Perno hex. M10x1.5-6H 8 mm	10	S/ 2.70	S/ 27.00
26	Tuercas del tanque	Tuerca hex. M10x1.5-6H	10	S/ 1.80	S/ 18.00

27	Tuerca de la estructura principal	Tuerca hex. M10x1.0-6H	6	S/ 1.80	S/ 10.80
28	Tuerca de los ventiladores	Tuerca hex. M13x0.5-3H	16	S/ 1.80	S/ 28.80
29	Pernos de la estructura principal	Perno hex. M6x1.0-6H, 50 mm	6	S/ 1.50	S/ 9.00
30	Pernos del ventilador	Perno hex. M6x0.5-3H, 13 mm	16	S/ 1.50	S/ 24.00
				<b>Total</b>	<b>S/ 2,648.00</b>

## CONCLUSIONES

1. Se logró diseñar y prototipar la máquina fermentadora de café, siendo un diseño innovador en la técnica de fermentación y para encontrar el concepto de diseño se buscó imitar el procedimiento de fermentación del sistema digestivo del coatí, de esta forma permite añadir aromas frutales a los granos de café.
2. Se diseñó la máquina fermentadora de café de tres cámaras siendo la primera cámara para el agua con las resistencias, la segunda cámara para las frutas y la tercera cámara es para el café pergamino a ser fermentado. El diseño es con materiales de acero inoxidable AISI 304, donde para los cálculos y simulaciones se obtienen un factor de seguridad de 16.
3. El prototipo de la fermentadora de café se construyó a escala real con planchas de acero inoxidable AISI 304 con acabados a una calidad sanitaria para procesos de alimentos y perfiles ASTM A36 para la estructura.
4. Se realizó la validación del diseño con la operación del prototipo, se dividieron dos muestras uno para un proceso de fermentado de manera tradicional obteniendo una calificación organoléptica de 75.50, con la otra muestra se realizó un proceso de fermentado con el prototipo de la máquina fermentadora obteniendo una calificación organoléptica de 80.75, lo que significa que con la máquina fermentadora se elevó 5.25 puntos. También se encontró estadísticamente que no existe diferencia significativa entre las muestras por el tiempo de fermentado, porque son muy parecidas las calificaciones obtenidas por los catadores, pero el tiempo de fermentado de 12 horas es ligeramente más alto, entre 82.75 a 84.42, y se bajaría el tiempo de fermentado tradicional de 24 horas a 12 horas con la máquina fermentadora.

## RECOMENDACIONES

1. Las cámaras de fermentación del café contribuyen con la reducción del tiempo del proceso del fermentado del café.
2. Las cámaras de fermentación diseñadas mejorarán la calidad de café en nivel taza.
3. A los agricultores cafetaleros de La Merced (Chanchamayo) se les sugiere realizar sus fermentaciones en el fermentador industrial siguiendo los tiempos recomendados.
4. Utilizar la metodología tecnológica para la identificación de problemas en el sector de la caficultura en las organizaciones de la región y del Perú.
5. Es recomendable realizar pruebas de cata con diferentes variedades de café para poder ver el porcentaje de incremento de puntaje en taza.
6. Se recomienda mejorar el prototipo para aumentar la capacidad de carga de granos de café y evaluar la eficacia y eficiencia del fermentado.
7. Se recomienda realizar pruebas a capacidad tope del prototipo para constatar el tiempo de fermentado.

## LISTA DE REFERENCIAS

1. **GALLARDO CAMARENA, Mayra Damaris.** *Centro cafetalero de Chanchamayo.* Universidad San Ignacio de Loyola. Lima : USIL, 2018. p. 70, Tesis de Grado.
2. **DÍAZ VARGAS, Carlos; CARMEN WILLEMS, Meike.** *Línea de base del sector café en el Perú.* Lima : Programa de Commodities Verdes, 2017. p. 58. Vol. 1. 2017-06972.
3. **ESPINOZA OSORIO, Doris Matha.** *Fermentación de cacao (theobroma cacao l.) tipo criollo en diferentes tipos de fermentadores en sector la unión Río Negro.* Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo : UNCP, 2011. p. 63, Tesis de grado.
4. **VALENCIA MAMANI, Juan José; VELÁSQUEZ MONJE, Cinthia Natali.** *Comportamiento, preferencia alimenticia e importancia del coatí (Nasua nasua) en el mejoramiento de las características de cuatro variedades de café (caffé arabica l) en Putina Punco-Puno.* Puno : s.n., 2016.
5. **SÁNCHEZ DE LA CRUZ, Inder Gley; OLIVARES MUÑOZ, Víctor.** *Efecto de la adición de levadura (Saccharomyces sp) en el proceso de fermentacion de café (Coffea arabica).* Chachapoyas : Rev. de investig. agroproducción sustentable, 2018. p. 9, Artículo científico.
6. **PASTRANO QUIÑA, William Aldair e SOTOMAYOR VEGA, Vinicio Lenin.** *Diseño y construcción de un sistema de fermentación de cacao nacional para la asociación de agricultores Wiñak.* EPN. Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2020. p. 112.
7. **CAMBERO ORTEGA, Itzel, et al.** *Diseño en impresión 3D de un fermentador continuo modular* *Investigación Academia Journals Tepic 2019.* Memorias del Congreso Internacional de. Tepic, Nayarit, México : Academia Journals , 2019. p. 7, Artículo científico. 1946-5351.
8. **TENEDA LLERENA, William Fabián.** *Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao ( Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51.* Andalucía : Universidad Internacional de Andalucía, 2016. p. 137. Vol. 1. 987-84-7993-319-7.
9. **PUERTA QUINTERO, Gloria Ines; ECHEVERRY MOLINA, Jose Gustavo.** *Fermentación controlada del café: tecnología para agregar valor a la calidad.* Manizales, Caldas, Colombia : Centro Nacional de Investigacion de Cafe-Cenicafe, 2015.
10. **CARDONA AGUIRRE Linda Yulieth,.** *Evaluacion de nuevas tecnologías para el beneficio del café en la granja experimental Santa Inés.* Machala : s.n., 2021.
11. **LEAL ALANIS, Sergio Alejandro.** *Caracterización de aceros inoxidable y estudio de su resistencia mecánica y conformabilidad.* San Nicolás de las Garzas, 2011.
12. **YUNUS A., Cengel.** *Transferencia de calor y masa.* México : McGraw-Hill/Interamericana, 2007. 978-970-10-6173-2.

13. **JAMES, Keryn.** *Estudio de impacto ambiental del proyecto de exploración sísmica 2D en el lote 108.* Satipo : Líder mundial en soluciones ambientales, sociales y sostenibilidad, 2019. 564-326-75-5.
14. **ROBBINS, Allan H.; MILLER, Wilhelm C.** *Análisis de circuitos, teoría y práctica.* México : una compañía de Cengage Learning Inc., 2008. 987-607-481-367-8.
15. **CONSTANZA CORRALES, Lucía, et al.** *Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta.* Bogotá : Nova, 2015, 1(1). 1794-2470.
16. **BARRIGA GAMARRA, Benjamin.** *Metodos de diseño en ingeniería mecánica.* Lima, 2013.



## **ANEXOS**

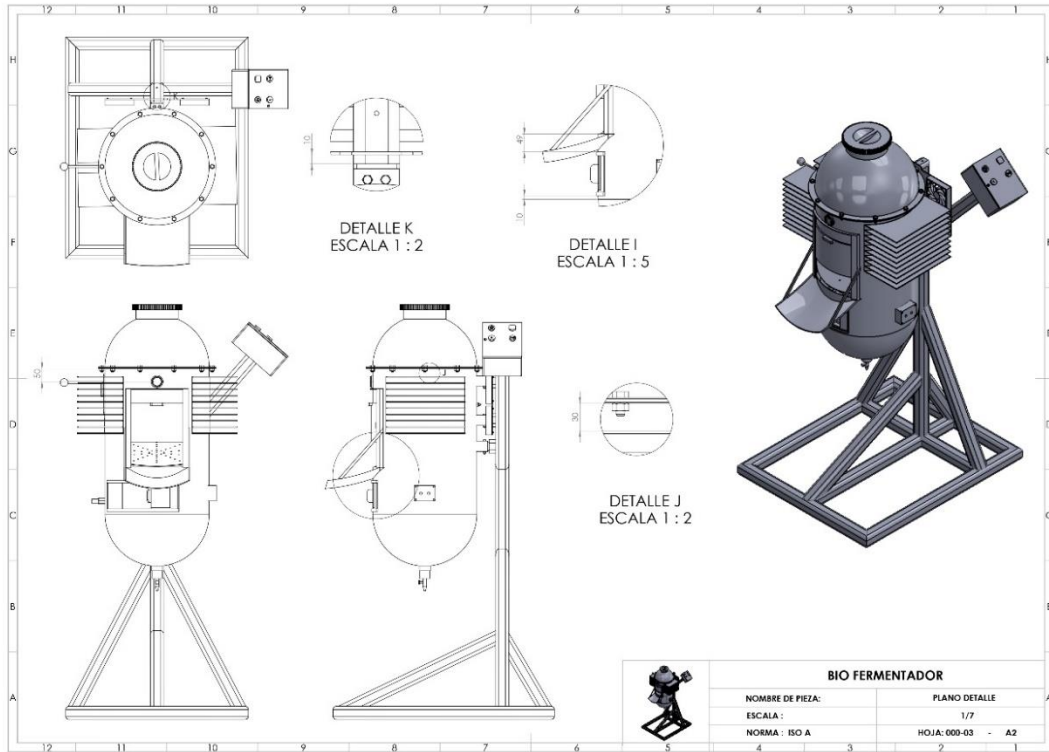
## Anexo 1 Plano de ensamble

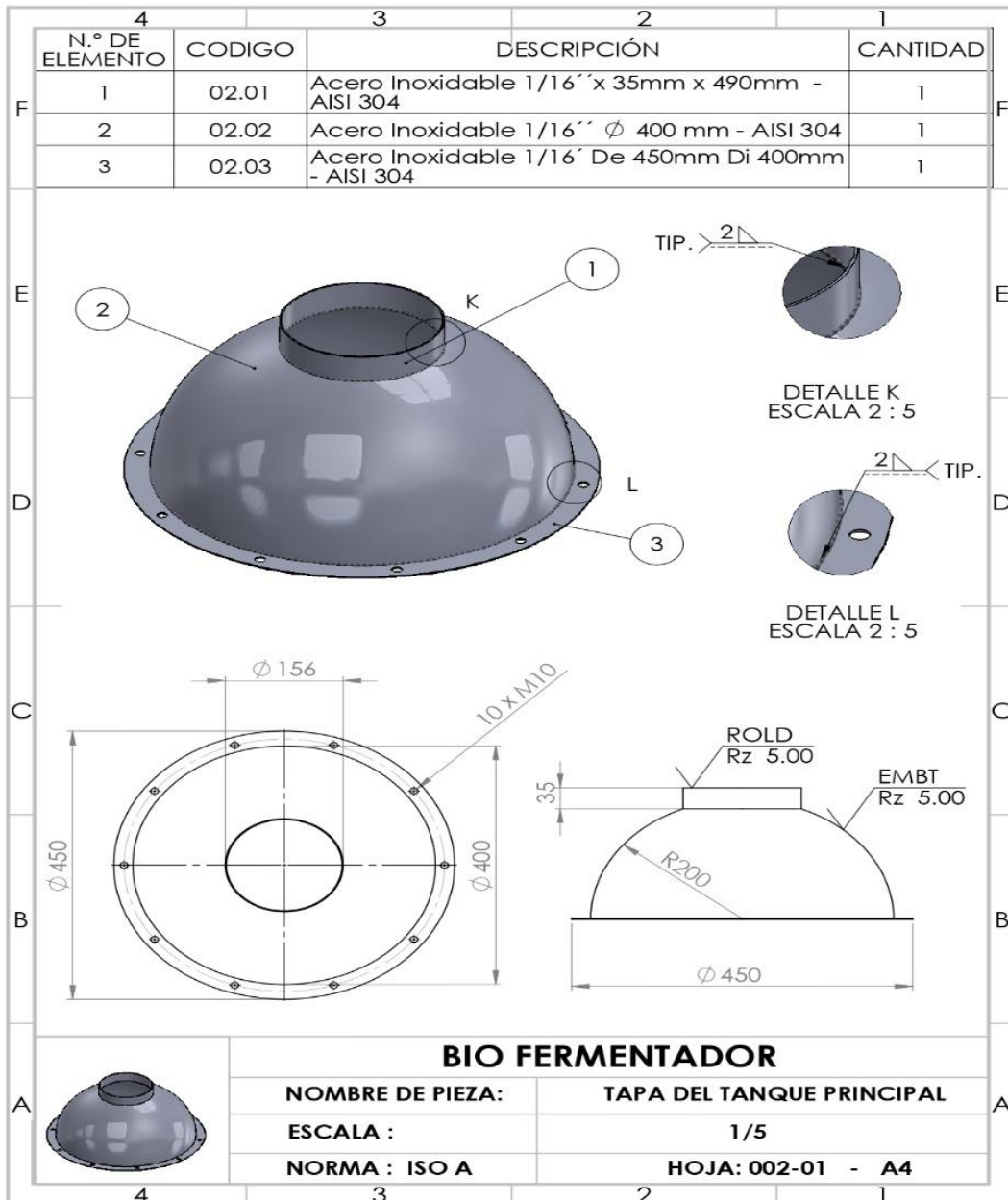
N° DE ELEMENTO	N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		TANQUE PRINCIPAL	1
2		TAPA DEL TANQUE PRINCIPAL	1
3		UNIÓN PARA PARRILLA MOVIL	1
4		PARRILLA MOVIL	1
5		PALANCA DE MECANISMO	1
6		MECANISMO 01	1
7		MECANISMO 02	1
8		PARRILLA PARA FRUJAS	1
9		CARRIL Y SALIDA DE CAJÉ	1
10		COMPUERTA PARA CAJÉ	1
11		CARRIL DE FRUJAS	1
12		COMPUERTA PARA FRUJAS	1
13		EMPAQUE O SELLO	1
14		TAPA BOCA PARA INGRESO DE CAJÉ	1
15		RESISTENCIA	1
16		VALVULA	1
17		ESTRUCTURA PRINCIPAL	1
18		CAJA DE CONTROL	1
19		SOORTE DE VENTILADORES	1
20		VENTILADOR	4
21		DISPADOR DE CALOR	1
22		PARRILLA INCLINADA	1
23		TERMOMETRO / PIROMETRO	1
24		SENSORS DE TEMPERATURA	1
25		PERNOS DE TANQUE	10
26		TUERCA DEL TANQUE	10
27		TUERCA DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL	4
28		TUERCA DE LOS VENTILADORES	16
29		PERNOS DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL	6
30		PERNOS DEL VENTILADOR	16

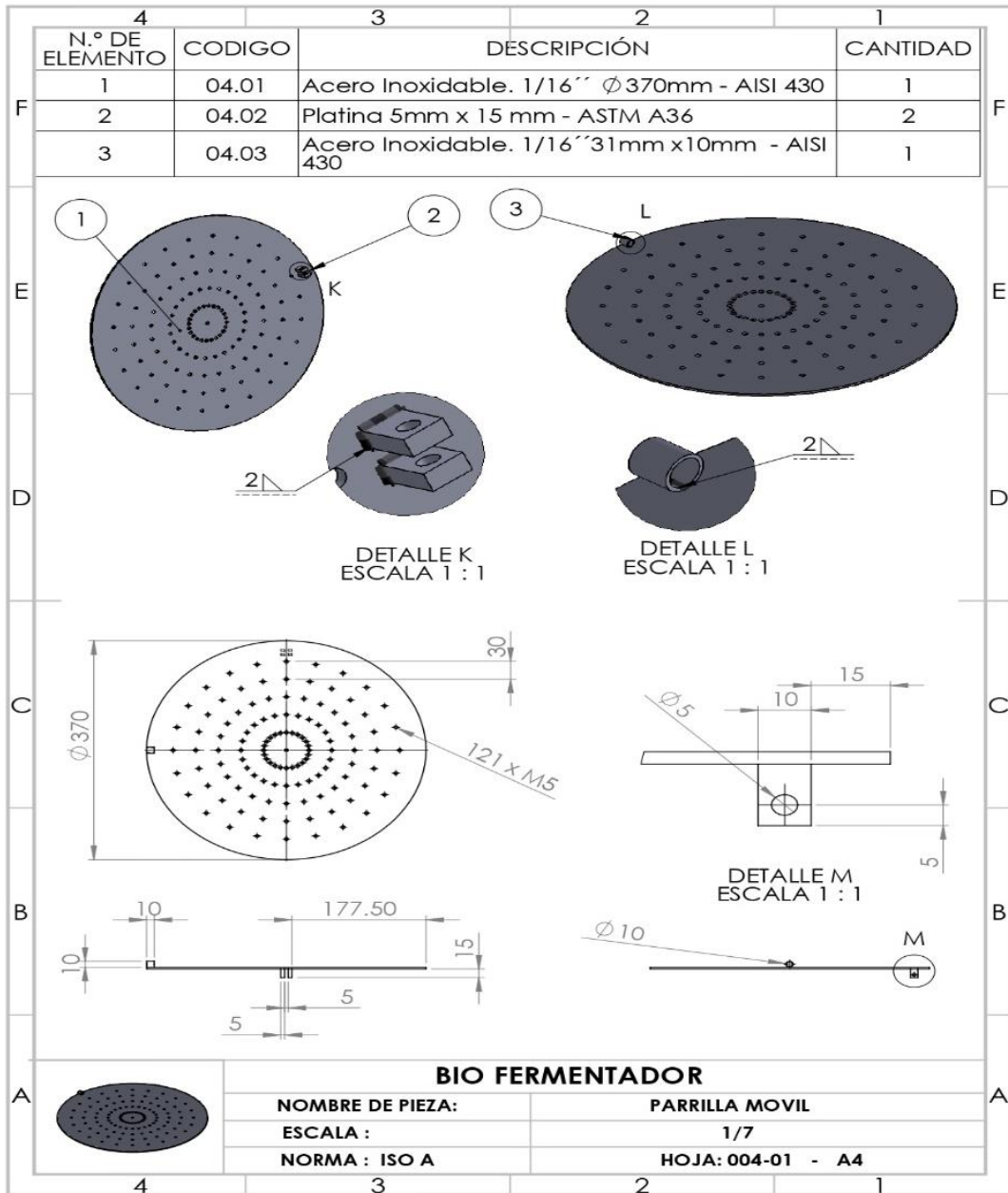
BIO FERMENTADOR	
NOMBRE DE PIEZA:	PLANO EXPLOSIÓN
ESCALA:	1/7
NORMA:	ISO A HOJA: 000-01 - A2

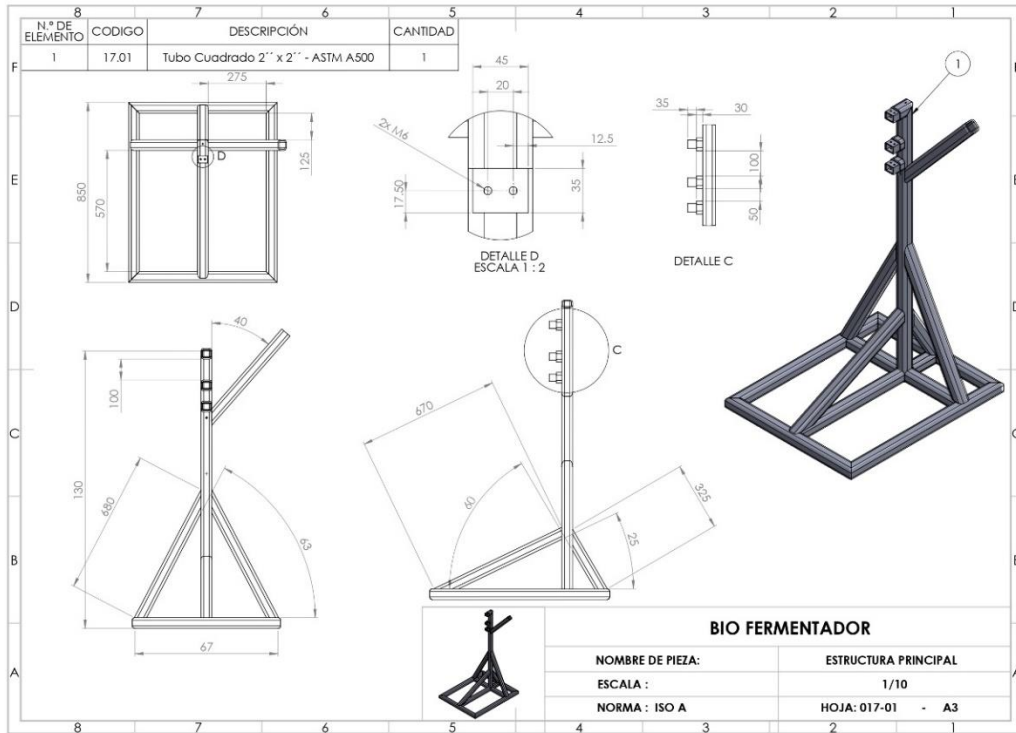
## Anexo 2

### Planos de fabricación












### Anexo 3

Análisis físico sensorial de la muestra A para un tiempo de fermentado de 24 horas, por tres catadores

FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ						
<b>Datos Generales</b>						
Fecha	12/08/2021					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	NOMBRE	MUESTRA "A"				
	ALTITUD	1600 msnm				
	FINCA					
	VARIEDAD	CATIMOR				
	PROCESO	SUAVE LAVADO				
	CODIGO DE MUESTRA	P16				
CATADOR 1	RICHARD VELASQUE DAMIANO					
						
<b>Análisis Físico</b>						
PERGAMINO			CAFÉ VERDE			
Peso:	500.00%		Peso:	416 GR.		
HUMEDAD (%)	12.11%		HUMEDAD:	11.55%		
			DENSIDAD:	0.71 gr/ml.		
<b>Color</b>		<b>Olor</b>		<b>Color</b>		
Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Fresco	<input checked="" type="checkbox"/>	Verde Azulado		
Manchado		Viejo		Verdoso	<input checked="" type="checkbox"/>	
Negruzco		Fermento		Verde Amarillento	Fermento	
		Terroso		Amarillo Pálido		
		Hierbas		VERDE	Verde	
HOMOGENEO		COMBUSTIBLE		HOMOGENEO	Moho	
DISPAREJO		Ahumado		DISPAREJO	Ahumado	
			<b>Granulometría 416 Gr.</b>			
			Malla	Gr	%	
			20			
			19			
			18			
			17			
			16	395	94.95%	
			15	15.3	3.68%	
			14	3.6	0.87%	
			BASE	2.1	0.50%	
			416		100.00%	
<b>CONTEO DE DEFECTOS</b>						
	Defecto	N°	Equivalencia	Detalle	Peso	%
CATEGORIA 1	Negro Completo			Café exportable	407	81.4%
	Agrio completo			Defectos	7.8	1.56%
	Cereza seca			Cascarilla	83.1	16.62%
	Dañado por hongos			Descarte	2.1	0.42%
	Daño severo de insecto			TOTAL	500	100%
	Materia extraña					
CATEGORIA 2	Negro parcial	2	0	<b>OBSERVACIONES</b>  MUESTRA DE CAFÉ VERDE: GRADO COMERCIAL LA MUESTRA DEL CAFÉ PRESENTA MAYOR DEFECTOS SECUNDARIOS.		
	Agrio parcial					
	Pergamino					
	Flotador					
	Inmaduro	10	2			
	Averanado					
	Concha					
	Quebrado/cortado/mordido	19	3			
Cáscara/Pulpa						
Daño ligero de insecto						
TOTAL			5			
<b>Análisis Sensorial</b>						
Tiempo de Tostado	10:15 Minutos		Apariencia	HOMOGENEO		
Color/agtron	62 agtron		Quaker	GRADO ESPECIAL		
% pérdida	14.00%					
<b>TAZA</b>						
CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS			PUNTOS		
Fragancia Aroma	CHOCOLATE BITTER, CACAO, VEGETAL			7.50		
Sabor	MANDARINA, PANELA			7.75		
Sabor Residual	CANELA			7.50		
Acidez	SUAVE / CITRICO			7.50		
Cuerpo	SUAVE / MEDIO			7.50		
Balance	BALANCEANDO			7.50		
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORME			10.00		
Taza Limpia	5 TAZAS LIMPIAS			10.00		
Dulzor	DULCE A ALGARROBINA			10.00		
Puntos de catador	FINAL DULCE.			7.75		
				83		
	DEFECTOS (Sustraer)	# Tazas	x Intensidad	1 catador		
				Puntaje Final		
				83		
						
			Richard Velasque Damiano Lic. Q ARABICA GRADER			

## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"A"</b>
	<b>CATADOR 2</b>	MEGUMI CUYA
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	P16



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	10:15 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	CHOCOLATE, HERBAL	7.50
Sabor	PANELA, MIEL, CITRICO	7.75
Sabor Residual	CARAMELO	7.25
Acidez	CITRICO	7.50
Cuerpo	SUAVE / MEDIO	7.50
Balance	BALANCEADO	7.50
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador		7.50
	FINAL LIMPIO Y DULCE.	82.50
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	82.50



Megumi Cuya Coronel  
Lic. Q ARABICA GRADER



## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>A</b>
	<b>CATADOR 3</b>	JULIO AREVALO
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	<b>P16</b>



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	10:15 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	CHOCOLATE, CEBADA	7.50
Sabor	DULCE, LIMÓN DULCE	7.75
Sabor Residual	CHOCOLATE, CARAMELO	7.50
Acidez	CITRICO	7.50
Cuerpo	SUAVE / MEDIO	7.50
Balance	BALANCEADO	7.50
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
Puntos del Catador	FINAL DULCE.	7.50
		82.75
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	82.75

  
 JULIO A. AREVALO TELLO  
 Director General

Julio Abel Arévalo Tello  
**DIRECTOR**

### Anexo 4

Análisis físico sensorial de la muestra B para un tiempo de fermentado de 18 horas, por tres catadores

FICHA DE ANALISIS FISICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ											
<b>Datos Generales</b>											
Fecha	12/08/2021										
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	NOMBRE	MUESTRA "B"									
	ALTITUD	1600 msnm									
	FINCA										
	VARIEDAD	CATIMOR									
	PROCESO	SUAVE LAVADO									
	CODIGO DE MUESTRA	D4									
CATADOR PRINCIPAL	RICHARD VELASQUE										
<b>Análisis Físico</b>											
PERGAMINO					CAFÉ VERDE						
Peso:	500 GR.				Peso:	416.5					
HUMEDAD (%)	11.28%				HUMEDAD:	11.08%					
					DENSIDAD:	0.72 gr/ml.					
Color			Olor			Color			Olor		
Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Fresco	<input checked="" type="checkbox"/>	Verde Azulado	Fresco	<input checked="" type="checkbox"/>					
Menchado		Viejo		Verdoso	Viejo						
Negruzco		Fermento		Verde Amarillento	Fermento						
		Terroso		Amarillo Pálido	Terroso						
		Hierbas		VERDE	Verde	<input checked="" type="checkbox"/>					
HOMOGENEO	<input type="checkbox"/>				COMBUSTIBLE	<input type="checkbox"/>					
DISPAREJO	<input type="checkbox"/>				DISPAREJO	<input type="checkbox"/>					
		Ahumado		Ahumado							
<b>Granulometría 416.5 Gr.</b>											
Malla	Gr	%									
20											
19											
18											
17											
16	395.5	94.96%									
15	15.7	3.77%									
14	4.8	1.2%									
BASE	0.5	0.12%									
	416.5	100.00%									
<b>CONTEO DE DEFECTOS</b>					<b>RENDIMIENTO FISICO</b>						
	Defecto	N°	Equivalencia	Detalle	Peso	%					
CATEGORIA 1	Negro Completo			Café exportable	396.5	79.7%					
	Agrio completo			Defectos	12.4	2.48%					
	Cereza seca			Cascarilla	87.4	17.48%					
	Dañado por hongos			Descarte	1.7	0.34%					
	Daño severo de insecto	1	0	TOTAL	500	100%					
	Materia extraña										
CATEGORIA 2	Negro parcial	3	1	OBSERVACIONES  MUESTRA DE CAFÉ VERDE: GRADO COMERCIAL LA MUESTRA DEL CAFÉ PRESENTA MAYOR DEFECTOS SECUNDARIOS.							
	Agrio parcial										
	Pergamino										
	Flotador										
	Inmaduro	14	2								
	Averanado										
	Concha	1	0								
	Quebrado/cortado/mordido	23	4								
	Cáscara/Pulpa										
	Daño ligero de insecto										
	TOTAL		7								
<b>Análisis Sensorial</b>											
Tiempo de Tostado	9:45 Minutos			Apariencia	HOMOGENEO						
Color/agtron	62 agtron			Quaker	GRADO ESPECIAL						
% pérdida	14.00%										
<b>TAZA</b>											
CARACTERISTICAS	COMENTARIOS				PUNTOS						
Fragancia Aroma	MIEL, MANDARINA, PANELA				8.00						
Sabor	FLORAL, TORONJA, CARAMELO				7.75						
Sabor Residual	CHOCOLATE, SECO				7.50						
Acidez	SUAVE / CITRICO				7.75						
Cuerpo	SUAVE / MEDIO				7.50						
Balance	BALANCEANDO				7.75						
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORME				10.00						
Taza Limpia	5 TAZAS LIMPIAS				10.00						
Dulzor	SUAVE				10.00						
Puntos de catador	FINAL LIMPIO.				7.50						
					83.75						
	DEFECTOS (Sustraer)	# Tazas	x Intensidad	1 catador							
					Puntaje Final						
					83.75						



Richard Velasque Damiano  
Lic. Q ARABICA GRADER

## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"B"</b>
	<b>CATADOR 2</b>	MEGUMI CUYA
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	D4



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	09:45 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agrton	62 agrton	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	MIEL, HIGOS, PANELA	7.75
Sabor	LIMÓN DULCE, CARAMELO	7.75
Sabor Residual	CHOCOLATE	7.50
Acidez	SUAVE / CITRICO	7.50
Cuerpo	SUAVE / MEDIO	7.50
Balance	BALANCEADO	7.50
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador		7.50
	FINAL LIMPIO Y DULCE.	83.00
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	83.00



Megumi Cuya Coronel  
Lic. Q ARABICA GRADER

## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"B"</b>
	<b>CATADOR 3</b>	JULIO ARÉVALO
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	D4



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	09:45 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	HIGOS, MIEL	7.75
Sabor	AGUAYMANTO	7.50
Sabor Residual	CHOCOLATE	7.50
Acidez	SUAVE / CITRICO	7.75
Cuerpo	SUAVE / MEDIO	7.50
Balance	INCONSISTENTE	7.25
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador		7.50
	<b>FINAL LIMPIO.</b>	82.75
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	82.75






*Julio Arévalo Tello*  
**JULIO A. ARÉVALO TELLO**  
 Director General

Julio Abel Arévalo Tello  
**DIRECTOR**

## Anexo 5

Análisis físico sensorial de la muestra C para un tiempo de fermentado de 12 horas, por tres catadores

FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ						
<b>Datos Generales</b>						
Fecha	12/08/2021					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	NOMBRE	MUESTRA "C"				
	ALTITUD	1600 msnm				
	FINCA					
	VARIEDAD	CATIMOR				
	PROCESO	SUAVE LAVADO				
	CODIGO DE MUESTRA	A1				
CATADOR 1	RICHARD VELASQUE DAMIANO					
						
<b>Análisis Físico</b>						
PERGAMINO			CAFÉ VERDE			
Peso:	500 GR.		Peso:	421 GR.		
HUMEDAD (%)	12.80%		HUMEDAD:	12.1%		
			DENSIDAD:	0.71 gr/ml.		
<b>Color</b>		<b>Olor</b>		<b>Color</b>		
Normal	X	Fresco	X	Verde Azulado	Fresco	
Manchado		Viejo		Verdoso	Viejo	
Negruzco		Fermento		Verde Amarillento	Fermento	
		Terroso		Amarillo Palido	Terroso	
		Hierbas		VERDE	Verde	
HOMOGENEO		COMBUSTIBLE		HOMOGENEO		
DISPAREJO		Ahumado		DISPAREJO	X	
				Ahumado		
<b>Granulometría 421 Gr.</b>						
Malla	Gr	%				
20						
19						
18						
17						
16	388	92.16%				
15	20.6	4.90%				
14	10	2.4%				
BASE	2.4	0.57%				
	421	100.00%				
<b>CONTEO DE DEFECTOS</b>			<b>RENDIMIENTO FISICO</b>			
	Defecto	N°	Equivalencia	Detalle	Peso	%
CATEGORIA 1	Negro Completo			Café exportable	407.5	81.5%
	Agrio completo	1	1	Defectos	9.9	1.98%
	Cereza seca			Cascarilla	80.2	16.04%
	Dañado por hongos			Descarte	2.4	0.48%
	Daño severo de insecto	2	0	TOTAL	500	100%
	Materia extraña					
CATEGORIA 2	Negro parcial			<b>OBSERVACIONES</b>	<b>MUESTRA DE CAFÉ VERDE: GRADO COMERCIAL LA MUESTRA DEL CAFÉ PRESENTA MAYOR DEFECTOS SECUNDARIOS.</b>	
	Agrio parcial					
	Pergamino					
	Flotador					
	Inmaduro	18	3			
	Averanado					
	Concha	1	0			
	Quebrado/cortado/mordido	22	4			
TOTAL			8			
<b>Análisis Sensorial</b>						
Tiempo de Tostado	10:10 Minutos	Apariencia	HOMOGENEO			
Color/agtron	62 agtron	Queker	GRADO ESPECIAL			
% pérdida	14.00%					
<b>TAZA</b>						
CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS				
Fragancia Aroma	DULCE DE LECHE, HIGOS, MANGO, MIEL	8.00				
Sabor	PIÑA, MELÓN, CHOCOLATE	7.75				
Sabor Residual	PICANTE	7.50				
Acidez	SUAVE / CITRICO	7.50				
Cuerpo	SUAVE / TERSO	7.75				
Balance	BALANCEANDO	7.50				
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORME	10.00				
Taza Limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00				
Dulzor	SUAVE	10.00				
Puntos de catador	FINAL DULCE.	7.50				
		83.5				
	DEFECTOS (Sustraer)	# Tazas	x Intensidad	1 catador		
				Puntaje Final		
				83.5		
						
		Richard Velásquez Damiano				
		Lic. Q ARABICA GRADER				

## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"C"</b>
	<b>CATADOR 2</b>	MEGUMI CUYA
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	A1



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	10:10 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	LIMÓN DULCE, HIGOS, MIEL	8.00
Sabor	ARÁNDANO, PANELA, AGUAYMANTO	8.25
Sabor Residual	VINOSO, CANELA	7.75
Acidez	CITRICO	7.75
Cuerpo	SUAVE / TERSO	8.00
Balance	BALANCEADO	7.75
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador	FINAL DULCE.	7.75
		85.25
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	85.25



Megumi Cuya Coronel  
Lic. Q ARABICA GRADER

## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"C"</b>
	<b>CATADOR 3</b>	JULIO AREVALO
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	A1



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	10:10 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERISTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	MANGO, DURAZNO	8.00
Sabor	LIMÓN DULCE, NUECES	7.75
Sabor Residual	CHOCOLATE NAVIDEÑO	7.75
Acidez	CITRICO	7.75
Cuerpo	SUAVE / TERSO	7.75
Balance	BALANCEADO	7.75
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador		7.75
	FINAL DULCE.	84.50
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	84.50



*Julio Arevalo Tello*  
 JULIO A. AREVALO TELLO  
 Director General


JULIO ABEL AREVALO TELLO  
 DIRECTOR

## Anexo 6

### Análisis físico sensorial de la muestra D para un tiempo de fermentado de 8 horas, por tres catadores

FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ					
<b>Datos Generales</b>					
Fecha	12/08/2021				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	NOMBRE	MUESTRA "D"			
	ALTITUD	1800 msnm			
	FINCA				
	VARIEDAD	CATIMOR			
	PROCESO	SUAVE LAVADO			
	CODIGO DE MUESTRA	C3			
CATADOR 1	RICHARD VELASQUE DAMIANO				
<b>Análisis Físico</b>					
PERGAMINO			CAFÉ VERDE		
Peso:	500 GR.		Peso:	415.5	
HUMEDAD (%)	9.00%		HUMEDAD: 13%	DENSIDAD: 0.71 gr/ml.	
<b>Color</b>		<b>Olor</b>		<b>Color</b>	
Normal	Fresco		Verde Azulado	Fresco	X
Manchado	Viejo	X	Verdoso	X	Viejo
Negruzco	Fermento		Verde Amarillento	Fermento	
	Terroso		Amarillo Palido	Terroso	
	Hierbas		VERDE	Verde	
HOMOGENEO	COMBUSTIBLE		HOMOGENEO	Moho	
DISPAREJO	X Ahumado		DISPAREJO	Ahumado	
<b>Granulometría 415.5 Gr.</b>					
Malla	Gr	%			
20					
19					
18					
17					
16	387.5	99.26%			
15	20.1	4.84%			
14	5.4	1.3%			
BASE	2.5	0.60%			
	415.5	100.00%			
<b>CONTEO DE DEFECTOS</b>					
	Defecto	N°	Equivalencia	<b>RENDIMIENTO FÍSICO</b>	
CATEGORIA 1	Negro Completo	1	1	Detalle	Peso
	Agrio completo	1	1	Café exportable	406.5
	Cereza seca			Defectos	8.5
	Dañado por hongos			Cascarilla	82.5
	Daño severo de insecto	1	0	Descarte	2.5
	Materia extraña			TOTAL	500
CATEGORIA 2	Negro parcial				%
	Agrio parcial	2	0		81.3%
	Pergamino				1.70%
	Flotador				16.50%
	Inmaduro	18	3		0.50%
	Averanado				
	Concha				
	Quebrado/cortado/mordido	25	5		
Cáscara/Pulpa					
Daño ligero de insecto					
	TOTAL		10		
<b>ANÁLISIS SENSORIAL</b>					
Tiempo de Tostado	09:50 Minutos	Apariencia	HOMOGENEO		
Color/agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL		
% pérdida	14.00%				
<b>TAZA</b>					
CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS			
Fragancia Aroma	CHOCOLATE DULCE, CARAMELO	7.75			
Sabor	CITRICO	7.75			
Sabor Residual	NUECES	7.50			
Acidez	SUAVE / CITRICO	7.50			
Cuerpo	SUAVE / MEDIO	7.50			
Balance	BALANCEANDO	7.75			
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORME	10.00			
Taza Limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00			
Dulzor	SUAVE	10.00			
Puntos de catador	FINAL LIMPIO.	7.75			
		83.5			
	DEFECTOS (Sustraer)	# Tazas	x intensidad	1 catador	
		Puntaje Final		83.5	





**OBSERVACIONES**

MUESTRA DE CAFÉ VERDE: GRADO COMERCIAL  
LA MUESTRA DEL CAFÉ PRESENTA MAYOR DEFECTOS SECUNDARIOS.



Richard Velasque Damiano  
Lic. Q ARABICA GRADER



## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

DATOS GENERALES		
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"D"</b>
	<b>CATADOR 2</b>	MEGUMI CUYA
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	C3



Análisis Sensorial			
Tiempo de Tostado	09:50 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agron	62 agron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

TAZA		
CARACTERISTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	CHOCOLATE, HERBAL	7.50
Sabor	CARAMELO, TOFFEE	7.50
Sabor Residual	NUECES	7.50
Acidez	SUAVE / CITRICO	7.50
Cuerpo	SUAVE / MEDIO	7.50
Balance	BALANCEADO	7.50
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador	FINAL SUAVE ACHOCOLATADO.	7.50
		82.50
	Defectos(sustraer) #tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	<b>82.50</b>



Megumi Cuya Coronel  
Lic. Q ARABICA GRADER

## FICHA DE ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

### DATOS GENERALES

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>"D"</b>
	<b>CATADOR 3</b>	JULIO AREVALO
	<b>ALTITUD</b>	1600 msnm
	<b>VARIEDAD</b>	CATIMOR
	<b>PROCESO</b>	LAVADO
	<b>CÓDIGO</b>	C3



### Análisis Sensorial

Tiempo de Tostado	09:50 minutos	Apariencia	HOMOGENEO
Color / agtron	62 agtron	Quaker	GRADO ESPECIAL
% perdida	14%		

### TAZA

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS	PUNTOS
Fragancia / aroma	COCO, CARAMELO	7.75
Sabor	CITRICO, CHOCOLATE DULCE	7.50
Sabor Residual	CARAMELO	7.50
Acidez	CITRICO	7.50
Cuerpo	SUAVE / TERSO	7.75
Balance	BALANCEADO	7.50
Uniformidad	5 TAZAS UNIFORMES	10.00
Taza limpia	5 TAZAS LIMPIAS	10.00
Dulzor	SUAVE	10.00
puntos del catador		7.75
	FINAL LIMPIO Y DULCE.	83.25
Defectos(sustraer)	#tazas x intensidad	1 catador
	<b>Puntaje final</b>	83.25

  
 JULIO A. AREVALO TELLO  
 Director General

Julio Abel Arévalo Tello  
**DIRECTOR**