

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO PARA LA FERMENTACIÓN
CONTROLADA DE LA NUEZ Y APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO
DE CACAO ENMARCADO EN EL PROYECTO NEXTCOA

VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2022

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO PARA LA FERMENTACIÓN
CONTROLADA DE LA NUEZ Y APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DE
CACAO ENMARCADO EN EL PROYECTO NEXTCOA

VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico

Director

WILLIAM PINTO HERNÁNDEZ

Doctor en ingeniería mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2022

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi papá Alfredo Cardenas Chinchilla y mi mama Esperanza Martinez Plata quienes han sido mi motor y mi inspiración para seguir cada día avanzando en mi vida de una manera íntegra, por estar siempre incondicionalmente a mi lado apoyándome en cada paso que doy, por cada enseñanza que me han dado, por regalarme educación con todo su esfuerzo y sacrificio y por enseñarme a respetar a Dios sobre todas las cosas. Son todo un ejemplo para mí, su vida es una inspiración para la mía y espero algún día poder ser la mitad de lo que ellos son en todo el sentido de la palabra.

Quiero dedicar también este proyecto a todas y cada una de las personas que han estado a lo largo de mi carrera ya que cada uno de ellos han sido parte de la experiencia que he vivido como estudiante y han dejado un granito de arena ya que de cada uno he aprendido.

Victor Alfredo Cardenas Martinez

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer con todo mi corazón y mi ser a Dios porque de verdad he podido ver y sentir su gracia en mi vida, agradecerle por la familia que me ha regalado, por los amigos que ha puesto a mi alrededor, por sencillamente hacerme un afortunado sin siquiera merecerlo, por caminar de la mano conmigo en cada paso que doy y por estar presente en mi vida yo sé que EL siempre está conmigo.

Quiero agradecer a mis papás por siempre motivarme y apoyarme en cada una de mis decisiones, por facilitarme tanto la vida a razón de sacrificar la de ellos y simplemente por ser los mejores papás del mundo.

Quiero agradecer a mi director de tesis el profesor William Pinto Hernández por su ayuda a lo largo del proyecto, por su paciencia y por ser un gran profesional y persona, mis respetos y gratitud siempre para usted profesor William.

Quiero agradecer a la Universidad Industrial De Santander, a la escuela de Ingeniería Mecánica y a cada uno de los profesores que estuvieron a lo largo de mi carrera, cada uno de ellos aportó un granito de arena para que yo me convierta en un Ingeniero Mecánico UIS.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1.JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. MARCO REFERENCIAL.....	21
3.1 EL CACAO (FRUTO)	21
3.2 HISTORIA DEL CACAO	22
3.3 HISTORIA DEL CACAO EN COLOMBIA.....	23
3.4 PRODUCCIÓN DE CACAO EN COLOMBIA	24
3.5 NEXT COA.....	26
3.5 PROCESO DE BENEFICIO DEL CACAO	26
3.5.1 Recolección de la cosecha..	26
3.5.2 Partida de mazorcas.	27
3.5.3 Desgranado del cacao.	28
3.5.4 Fermentación.	29
3.5.5 Secado.....	30
4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA.....	31
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	31
4.2 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD	31
4.2.1 Requerimiento del consumidor..	31
4.3 MATRIZ DE CALIDAD (QFD)	31
4.4 PONDERACION DE LOS RESULTADOS DADOS POR LA MATRIZ QFD) ...	32
4.5 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	33
4.5.1 Alternativa 1. Tambor vertical de eje con paletas cargado por la cara superior:.....	33

4.5.2 Alternativa 2. Tambor horizontal rotatorio con carga en la cara superior descarga por la cara frontal y paletas en el interior del tambor.	35
4.5.3 Alternativa 3. Tambor horizontal rotatorio con carga en la cara superior descarga por la cara frontal y paletas en el interior del tambor. Descripción:.....	37
4.6 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	39
5. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DE CACAO CCN51.....	41
6. REGLAMENTACIÓN	43
7. DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	44
7.1 FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO	44
7.2 DISEÑO DEL RECIPIENTE.....	45
7.2.1 Dimensionamiento del recipiente.	46
7.2.2 Cálculos para el espesor del recipiente.	50
7.3 DISEÑO DE LA JUNTA ROSCADA.....	60
7.3.1 Selección del tornillo roscado.	60
7.3.2 Rigidez del tornillo.....	60
7.3.3 Rigidez de la junta.	62
7.3.4 Parámetro adimensional de rigidez.....	65
7.3.5 Numero de tornillos.....	66
7.3.6 Análisis de carga sobre el tornillo.	68
7.3.7 Análisis estático de la junta.....	71
7.3.8 Dimensionamiento del recipiente.	76
7.3.9 Orificio para sostener parte interior.....	83
7.3.10 Dimensionamiento final de la junta.	83
7.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE PALETAS	85
7.4.1 Dimensionamiento de la paleta.....	85
7.4.2 Análisis de cargar sobre la paleta.	87
7.4.3 Punto crítico de la paleta.....	88
7.4.4 Análisis estático de la paleta.....	89
7.4.5 Análisis de la paleta por fatiga.	93
7.5 ANÁLISIS DEL EJE DE LA PALETA	100

7.5.1 Factores de dimensionamiento del eje de la paleta.	100
7.5.2 Análisis de cargas sobre el eje de la paleta.	102
7.5.3 Punto crítico del eje de la paleta.	103
7.5.4 Análisis estático del eje de la paleta.	105
7.5.5 Análisis del eje de paleta por fatiga.	108
7.6 ANÁLISIS DEL EJE MOTRIZ.....	113
7.6.1 Factores de dimensionamiento para el eje motriz.....	113
7.6.2 Análisis de carga para el eje motriz.	113
7.6.3 Análisis estático del eje motriz.	114
7.6.4 Punto crítico del eje motriz.....	120
7.6.5 Análisis del eje motriz por fatiga.	120
7.7 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR.....	125
7.7.1 Factores para la selección del motorreductor..	125
7.7.2 Calculo de la potencia requerida.....	125
7.7.3 Selección final.....	126
7.8 SELECCIÓN DE CHUMACERAS PARA EL SOPORTE DEL EJE MOTRIZ .	128
7.9 DISEÑO DEL SISTEMA DE VOLTEO PARA LA DESCARGA	130
7.9.1 Análisis de cargas presentes para el volteo.....	131
7.9.2 Análisis estático del sistema de volteo.....	134
7.9.3 Análisis de los pasadores en la pared lateral de la máquina.	137
7.9.3.1 Análisis pasadores ubicados en la pared.....	137
7.9.3.2 Análisis del pasador que atraviesa el eje.....	141
7.10 DISPOSICIÓN DEL BASTIDOR	143
7.11 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE SUB-EQUIPOS ADICIONALES	144
7.11.1 Termocuplas de pared.	144
7.11.2 Polipasto/Diferencial.	146
8. ANÁLISIS ECONÓMICO	147
8.1 COSTO DE ADQUISICIÓN.....	147
8.2 COSTO DE OPERACIÓN.....	149
8.2.1 Costo de la energía eléctrica.	149

8.2.2 Costo del agua.....	150
8.2.3 Costo de operarios.....	150
8.2.4 Costo total de operación.	150
9. RESULTADOS.....	151
9.1 SIMULACIÓN DE CARGAS EN EL BASTIDOR	151
9.2 SIMULACIÓN DE CARGAS PARA EL EJE MOTRIZ	151
9.3 SIMULACIÓN DE CARGAS PARA EL EJE DE PALETA y PALETA.....	152
9.4 SIMULACIÓN DE CARGAS EL CONTENEDOR (TAMIZ).....	152
10. PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO.....	153
11. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO	154
12. CONCLUSIONES	156
BIBLIOGRAFÍA.....	158
ANEXOS	161

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Matriz de calidad (QFD)	32
Cuadro 2. Ponderación de los resultados daos por el QFD	32
Cuadro 3. Matriz de selección de alternativas	40
Cuadro 4. Resultados de mediciones aleatorias del fruto del cacao.....	42
Cuadro 5. Factores de dimensionamiento	45
Cuadro 6. Dimensiones del recipiente	50
Cuadro 7. Espesor calibre 5/16"	59
Cuadro 8. Constantes numéricas adimensionales.....	61
Cuadro 9. Masa de las láminas en función del área	68
Cuadro 10. Costo de sub-equipos	148
Cuadro 11. Costo de construcción.....	148

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mazorca de cacao.	16
Figura 2. Separación y fermentación de la nuez de cacao del mucilago.	18
Figura 3. Partes de la semilla del cacao.	22
Figura 4. Producción de cacao por departamento	25
Figura 5. Cosecha de frutos.....	27
Figura 6. Mazorca partida	28
Figura 7. Extracción de granos	28
Figura 8. Fermentación de cacao en cajas de madera	30
Figura 9. Secado de almendra en una elba	30
Figura 10. Alternativa 1	34
Figura 11. Alternativa 2.....	36
Figura 12. Alternativa 3.....	39
Figura 13. Medición del fruto del cacao	41
Figura 14. Contenedor y sus partes.....	46
Figura 15. Área sección de segmento semicírculo	49
Figura 16. Dimensionamiento esquemático del recipiente.....	50
Figura 17. Sección izquierda de recipiente	51
Figura 18. Diagrama de cuerpo libre del recipiente	56
Figura 19. Fuerza resultante actuando sobre el recipiente	57
Figura 20. Esquema de la junta	63
Figura 21. Esfuerzo cónico	63
Figura 22. Separación entre tornillos	67
Figura 23. Junta cargada máximamente a punto de separarse	72
Figura 24. Factor de acabado superficial	80
Figura 25. Factor de temperatura	80
Figura 26. Factor de efectos misceláneos	82

Figura 27. Disposición de orificios	83
Figura 28. Dimensionamiento de la junta.....	84
Figura 29. Esquema del sistema de paletas	85
Figura 30. Esquema de la paleta	86
Figura 31. Dimensionamiento de la paleta.....	87
Figura 32. Diagrama de cuerpo libre de la paleta	88
Figura 33. Centroide de la paleta.....	90
Figura 34. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para la paleta	92
Figura 35. Diagrama de un esfuerzo fluctuante	93
Figura 36. Ubicación y dirección de la fuerza de reacción en la paleta	101
Figura 37. Dimensionamiento del eje de la paleta	102
Figura 38. Diagrama de cuerpo libre del eje de la paleta.....	104
Figura 39. Diagrama de fuerza cortante y momento flector eje paleta.....	107
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre eje motriz	114
Figura 41. Diagrama de fuerza cortante y momento flector eje motriz.....	117
Figura 42. Diagrama momento torsor eje motriz.....	117
Figura 43. Esfuerzos en sección W del eje motriz (sección crítica)	120
Figura 44. Motorreductor siemens	127
Figura 45. Sistema de volteo (Brida).....	131
Figura 46. Análisis de cargas sistema de volteo DCL.....	132
Figura 47. Centroide maquina.....	132
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre del tambor.....	134
Figura 49. Fuerza resultante actuando sobre el recipiente	143
Figura 50. Termocuplas	145
Figura 51. Posicionamiento de termocupla.....	145
Figura 52. Maquina en disposición para mantenimiento.....	155

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valor del área de esfuerzo de tensión en función del diámetro	73
Tabla 2. Valor de resistencia de prueba en función del grado métrico	73
Tabla 3. Factor de confiabilidad	81
Tabla 4. Factor de concentración de tamaño	82
Tabla 5. Factores a y b	96

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Reglamentación	161
Anexo B. Planos del equipo	182
Anexo C. Motorreductor seleccionado	199
Anexo D. Acople	203
Anexo E. Chumacera de piso	205
Anexo F. Rodamiento	209
Anexo G. Termocupla	214
Anexo H. Polipasto	215
Anexo I. Cotizaciones	216
Anexo J. Resultados simulación bastidor	223
Anexo K. Resultados simulación para el eje motriz	249
Anexo L. Resultados simulación para el eje de paleta y paleta	261
Anexo M. Resultados simulación para el tamiz.....	274

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO PARA LA FERMENTACIÓN CONTROLADA DE LA NUEZ Y APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DE CACAO ENMARCADO EN EL PROYECTO NEXTCOA*

AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ **

PALABRAS CLAVE: DISEÑO, MUCÍLAGO, CACAO, FERMENTACIÓN.

DESCRIPCIÓN: Cuando la demanda en la producción se incrementa es necesario idear una forma con la cual suplirla eliminando en la medida de lo posible cada uno de los cuellos de botella que se puedan presentar en el proceso. En la industria del cacao más específicamente en la chocolatería existe un proceso en el cual se hace necesario desmucilaginar y fermentar el fruto del cacao, dicho proceso normalmente es realizado de manera artesanal por personas que con sus manos manipulan el fruto vertiéndolo en contenedores de madera y periódicamente revolviéndolo con el fin de que este se mezcle con el aire circundante generando así la fermentación lo cual se realiza sin la asepsia que un proceso de tratamiento de alimentos requiere, cabe resaltar que dichos contenedores cuentan con orificios con el fin de que por ellos el mucilago que desprende el fruto de cacao se drene. Este proyecto tiene como objetivo diseñar y simular un equipo para la separación y fermentación controlada de la nuez de cacao con una capacidad de una tonelada diaria de materia prima procesada. El diseño consiste en un contenedor en acero inoxidable en forma de U el cual se abastece por la parte superior, cuenta con un sistema de paletas para mover el fruto de cacao que se encuentra en el interior, en la parte inferior la lámina se encuentra con una serie de orificios con la finalidad de drenar el mucilago y finalmente el sistema de vaciado se realizara mediante volteo girando sobre el eje principal en el cual se encuentra el sistema de paletas. Para desarrollar el diseño final de la máquina se tuvieron en cuenta las propiedades físicas del fruto del cacao y se implementó una herramienta CAD (SolidWorks y Simulink).

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: William Pinto Hernández. Doctor en Ingeniería Mecánica.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND SIMULATION OF AN EQUIPMENT FOR THE CONTROLLED FERMENTATION OF WALNUT AND USE OF THE COCOA MUCILAGO FRAMED IN THE NEXTCOA PROJECT *

AUTHOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ **

KEY WORDS: DESIGN, MUCILAGE, COCOA, FERMENTATION

DESCRIPTION: When demand in production increases, it is necessary to devise a way to supply it, eliminating as far as possible each of the bottlenecks that may arise in the process. In the cocoa industry, more specifically in the chocolate industry, there is a process in which it is necessary to de-mucilinate and ferment the cocoa fruit, this process is normally carried out in an artisanal way by people who manipulate the fruit with their hands, pouring it into wooden containers and periodically stirring it so that it mixes with the surrounding air, thus generating fermentation, which is carried out without the asepsis that a food treatment process requires, it should be noted that these containers have holes so that through them the mucilage that comes off the cocoa fruit is drained. The objective of this project is to design and simulate an equipment for the separation and controlled fermentation of cocoa nuts with a capacity of one tonne of processed raw material per day. The design consists of a stainless steel container in the shape of a u which is supplied by the upper part, it has a system of pallets to move the cocoa fruit that is inside, in the lower part the sheet meets with a series of holes in order to drain the mucilage and finally the emptying system will be carried out by turning by turning on the main axis in which the paddle system is located. To develop the final design of the machine, the physical properties of the cocoa fruit were taken into account and a CAD tool (SolidWorks and Simulink) was implemented.

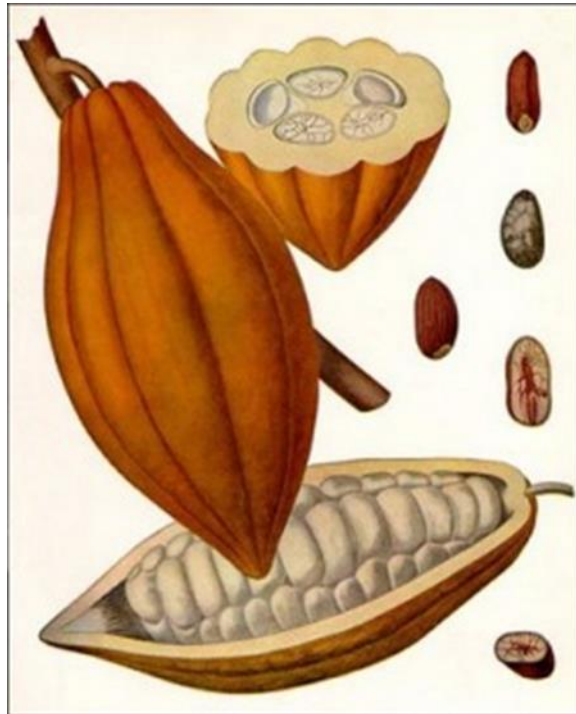
*Degree work

**Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: William Pinto Hernández. Doctor in Mechanical Engineering.

INTRODUCCIÓN

En el programa de investigación para la obtención de cacao refinado llevado a cabo en la sede Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander, se han examinado las propiedades que tiene en su totalidad la comúnmente denominada mazorca de cacao (véase figura 1) y se han elaborado una variedad de productos con fines comerciales.

Figura 1. Mazorca de cacao.



Fuente: La vida en chocolate. Del grano de cacao al chocolate. [en línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021). Disponible en: <http://cocoaszone.weebly.com/del-cacao-al-chocolate.html>

Se desea que el 100% del contenido de la mazorca de cacao (mucilago y granos) y sus propiedades sean aprovechadas debido a que en la actualidad se está desechando aproximadamente el 85% de la biomasa que esta contiene, generando residuos que, aunque son biodegradables, generan malos olores y

sirven para la reproducción de insectos no deseados en un cultivo agrícola como lo es el cacaotero.

Esto es principalmente en consecuencia a que el mercado actual cacaotero del país está direccionado a la exportación de la materia prima del cacao (los granos) para producción de chocolate lo que genera que lo demás sea desperdiciado, es decir, no se le dé un valor agregado al producto desechado.

Para el aprovechamiento tanto del grano como del mucilago, se hace necesario separarlos a la vez que se fermentan los granos, lo cual ocurre después de que ya se han apartado debidamente de la cascara a la cual se le da un tratamiento aparte.

Para la separación y fermentación se requiere una máquina que cumpla con ambos procesos a la vez, debido a que tradicionalmente lo que se hace en el proceso es almacenar la materia en cajas de madera y manualmente, con la ayuda de una pala, se revuelve periódicamente para así separar la mayor cantidad de mucilago (que es desperdiciado) de los granos de cacao a la vez que se fermentan mediante las bacterias que hay en el aire circundante durante un estimado de 4 a 7 días (véase Figura 2).

La manera tradicional ya mencionada en la que se procesa el contenido del fruto del cacao tiene como consecuencia la presencia de una producción baja para la demanda que se espera para que la elaboración de los productos sea rentable, una baja asepsia que no es apropiada para el tratamiento de alimentos de consumo humano, la generación de microtraumatismos en los obreros los cuales se pueden manifestar en dolores de espalda, brazos y hombro, una elevación de costos en mano de obra y una calidad insuficiente para la obtención de producto refinados, lo cual no es lo adecuado para lo que el proyecto NEXCOA requiere, ya que su finalidad es obtener un producto en el cual su calidad sea controlada.

Con respecto a la máquina, no se cuenta con catálogos o maquinaria referente para la finalidad que se requiere en el proyecto debido a que la industria de cacao, como ya se mencionó, está direccionada a solo el aprovechamiento del grano del cacao para exportación y de manera artesanal.

Figura 2. Separación y fermentación de la nuez de cacao del mucilago.



Fuente: Centro de innovación del cacao. Fermentación. [En línea] (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <http://www.cic.pe/cadena-valor/>

1. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad entre el 15% y el 21% de la mazorca de cacao está siendo aprovechada¹, esto, se traduce en que solo la almendra de cacao está generando ingresos, es por ello que se necesita dar un valor agregado al mucilago (que es lo que en general se desecha) mediante un equipo.

La fermentación es parte fundamental en el proceso de beneficio del fruto del cacao y de ella depende la calidad final del grano, la fermentación tradicional puede que cumpla con su finalidad, pero no ofrece resultados controlados.

No existe maquina alguna que provea las prestaciones de separar el mucilago del grano del cacao y que a la vez lo fermente en un ambiente controlado, por lo que se necesita diseñar una máquina que cumpla con esta labor.

¹ ESTEBAN C. Paola. Residuos del cacao podrían ser fuente de alimento al producir hongo de orellana. [Base de datos en línea]. Mayo 17 de 2015. Vanguardia. (recuperado en 10 junio 2020). Disponible en: <https://www.vanguardia.com/mundo/ciencia/residuos-del-cacao-podrian-ser-fuente-de-alimento-al-producir-hongo-orellana-HYVL311868>

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular un equipo para la separación y fermentación controlada de la nuez de cacao y aprovechamiento del mucilago que contiene, generando así contribución a la misión de la universidad industrial de Santander dentro del marco de innovación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un equipo que separe la almendra de cacao del mucilago en un ambiente controlado y que al mismo tiempo la fermente, de forma que tenga las siguientes especificaciones:

Capacidad para procesar 1000 [kg] de materia prima de cacao.

Cumpla con la norma de requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano estipulada en la resolución 683 de 2012.

Permita hacer la recolección de los fluidos lixiviados.

- Realizar un análisis económico en lo que respecta a la inversión para los materiales y componentes del equipo a diseñar.
- Efectuar una simulación de análisis estructural al diseño final utilizando la herramienta CAD SolidWorks.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 EL CACAO (FRUTO)

El cacao es el nombre común del árbol *Theobroma cacao* y de los frutos de este. Los botánicos, siguiendo la creencia de los aztecas, denominaron al cacao con el nombre científico de *Theobroma cacao* que significa en latín “alimento de dioses”. El grano de cacao juega un importante papel como materia prima en la industria alimentaria, sobre todo en el sector de confitería, cosmético y farmacéutico².

El cacao o cacaotero es un árbol de la familia de las esterculiáceas, de unos 3 a 8 metros de alto, es una planta nativa de América tropical, particularmente en una franja que se extiende desde Brasil hasta México, también presente al oeste de África. Los frutos o bayas se forman sobre el tronco y en las ramas, con forma de mazorca de unos 15 a 25 centímetros de largo.²

Como se observa en la Figura 3, el fruto del cacao está compuesto de una concha externa llamada cáscara y dentro de ella se encuentra el mucílago, que es una pulpa aromática constituida por células esponjosas rica en azúcares. Esta pulpa rodea al grano de cacao, sin embargo, el grano se encuentra protegido por una concha fibrosa llamada cascarilla.³

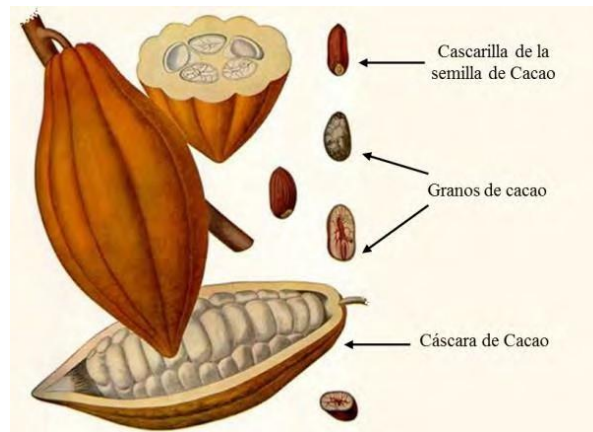
Existen cuatro tipos de cacao, cada uno con características muy específicas. El cacao Criollo se caracteriza por sus frutos de cáscara suave y semillas redondas, de color blanco a violeta, dulces y de sabor agradable. El cacao Forastero, que es

² SOTO PEREIRA, María José. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Proyecto de grado ingeniero químico, Sartenejas: Universidad simón bolívar. Facultad de ingenierías fisicoquímicas, 2012. P.15.

³ KALVATCHEV, Zlatko; J, Domingo y GUERRAA CEDEZO, franklin. *Theobroma cacao* Un nuevo enfoque para nutrición y salud. Junio, 1998. Vol. 4 no.6., p.21-25.

la variedad más cultivada en las regiones de África y Brasil, se caracteriza por sus frutos de cáscara dura y leñosa, de superficie relativamente tersa y de granos aplanados de color morado y sabor amargo. El cacao Trinitario es un híbrido obtenido de los dos últimos. El cuarto tipo es el cacao Nacional, el cual sólo crece en Ecuador, posee un sabor predominante y un poco picante.⁴

Figura 3. Partes de la semilla del cacao.



Fuente: SOTO PEREIRA, María José. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Proyecto de grado ingeniero químico, Sartenejas: Universidad simón bolívar. Facultad de ingenierías fisicoquímicas, 2012. P.15

3.2 HISTORIA DEL CACAO

El cacao es un alimento que tiene una historia distinta de la de otros como el azúcar o la harina. Proviene de un árbol originario de la cuenca amazónica. La historia más remota empieza en los mayas, que lo llamaban “cacauatl”. Lo cultivaban y lo consumían mezclado con agua y especias como la pimienta o el clavo, en una bebida conocida como “xocolatl” (“agua amarga”) y lo tenían por un

⁴ BECKETT, Stephen T. The Science of Chocolate. York: The Science of Chocolate, 2008 [En línea]. Disponible en: <https://muhammadsabchi.files.wordpress.com/2010/04/beckett-the-science-of-chocolate.pdf>

alimento divino, por sus propiedades vigorizantes. Se sabe que los mayas lo cultivaban por el 600 AC y también que los mercaderes lo consumían en Costa Rica allá por el año 400 AC.

Los aztecas conquistaron el territorio maya y se empaparon de su economía, incluido por supuesto el cacao, desde el siglo XII –previamente a la llegada de Cristóbal Colón. Se lo reservaban para las elites y los guerreros. Al ser un bien escaso erapreciado y llegaron a utilizar las almendras (o “habas”) de cacao como moneda de cambio.

Colón es oficialmente el primer occidental que probó la bebida, en un viaje a Nicaragua en 1502, aunque comprensiblemente a tenor del sabor, no le impresionó suficientemente.⁵

3.3 HISTORIA DEL CACAO EN COLOMBIA

A comienzos del siglo XIX, surgieron los primeros intentos para cultivar sistemáticamente el cacao en Colombia.

En Antioquia los primeros esfuerzos fructíferos por cultivar el cacao se hicieron en los alrededores de Santa Fe de Antioquia. Pero lo impropio del terreno junto con la maligna peste de la "escoba de bruja", arruinaron a muchas familias que habían llegado a disfrutar de una buena posición gracias al cacao.

Para estos años el consumo de chocolate no se había generalizado y el agua de panela era una de las bebidas más acostumbradas. En 1886 Tulio Ospina publicó un Manual del cultivo del cacao con el ánimo de promover su siembra y beneficio.

⁵ Observatorio del cacao. Historia [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <http://www.observatoriodelcacao.com/historia/>

Según cálculos del ingeniero Francisco Javier Cisneros, en esa época, más del 85% del cacao consumido en Antioquia provenía de la provincia del Cauca.

A finales del siglo XIX, Colombia producía unas 6.000 toneladas de cacao. A pesar de los distintos problemas que enfrentaron los agricultores, el chocolate como bebida se integró poco a poco a la vida diaria y creó toda una cultura a su alrededor.

Por entonces, el chocolate estaba reservado a los más acomodados. Era raro encontrarlo en la ración alimenticia de un peón, y en Antioquia era muy acostumbrado mezclarlo con harina de maíz.⁶

3.4 PRODUCCIÓN DE CACAO EN COLOMBIA

Durante los últimos diez años Colombia ha mostrado un importante crecimiento en materia de producción de cacao, pasando de 36.118 toneladas en 2009 a 59.740 en 2019; además de un aumento significativo en sus exportaciones y una notoria disminución en las importaciones del grano para consumo interno.

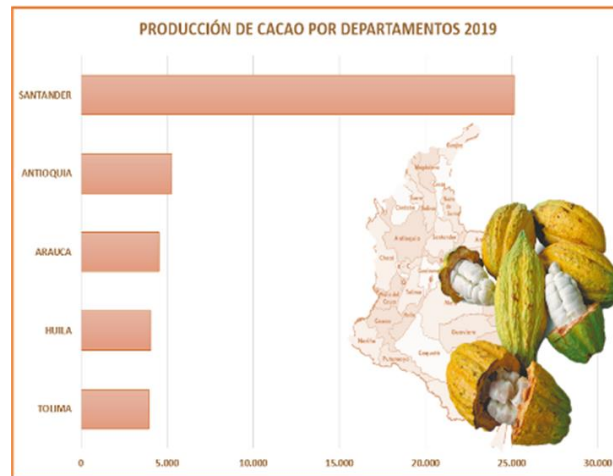
departamentos de Santander, Antioquia, Arauca, Huila y Tolima quienes suman el 72% de la producción nacional.⁷

Mediante la siguiente figura se puede observar que el mayor productor en Colombia de cacao es el departamento de Santander.

⁶ Lo paisa. El chocolate en Colombia [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <https://www.lopaisa.com/chocolate.html>

⁷ Federación nacional de cacaoteros. Producción de cacao por departamentos. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: www.fedecacao.com.co

Figura 4. Producción de cacao por departamento



Fuente: Federación nacional de cacaoteros. Producción de cacao por departamentos. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2020). Disponible en: www.fedecacao.com.co

El crecimiento del sector se ve evidenciado en que hace más de una década el país producía 33 mil toneladas de cacao, importaba 12 mil toneladas y exportaba alrededor de mil toneladas de cacao en grano, únicamente.

Además, en los últimos cinco años la producción ha alcanzado entre 55 mil y 60 mil toneladas.

Por otra parte, datos del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo reflejan que el número de exportadores de cacao pasó de 17 en el 2014 a 25 en la actualidad y que el país exporta USD 78,7 millones en cacao y sus derivados, productos que llegan a más de 40 países.⁸

⁸ Agencia Anadolu. El cacao un alimento que llevo paz a Colombia donde antes había guerra. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2020). Disponible en: <https://www.aa.com.tr/es/mundo/el-cacao-un-alimento-que-llev%C3%B3-paz-a-zonas-de-colombia-donde-antes-hab%C3%ADa-guerra/1646997>

3.5 NEXTCOA

NEXTCOA es un proyecto enfocado en la aplicación de la ciencia y tecnología a la transformación del cacao, procurando el uso integral de la fruta, para generar nuevos sabores, producir biomateriales para la industria especializada y materiales avanzados para la industria alimenticia.

Este proyecto busca:

- Fortalecer la cadena de valor del cacao, para que las comunidades que producen el grano obtengan un mayor beneficio de un negocio que actualmente beneficia, en mayor medida, a algunos fabricantes especializados en chocolate en el mundo.
- Establecer un modelo científico-tecnológico amigable con el medio ambiente, aplicable a otros sectores de la agroindustria en los países en desarrollo para generar mayores beneficios económicos y sociales.
- Vincular la universidad pública, en este caso la Universidad Industrial de Santander (UIS), con los procesos de desarrollo rural que contribuyen al impulso de la economía y el bienestar de las personas.
- Generar patentes, transferir conocimientos y hacer de la innovación la herramienta para superar las barreras que obstaculizan el desarrollo económico en países como Colombia y otros en todo el mundo.

3.5 PROCESO DE BENEFICIO DEL CACAO

3.5.1 Recolección de la cosecha. La cosecha de la mazorca se hace cortando el pedúnculo, tallito que une el fruto con el árbol. Las mazorcas ubicadas al alcance de las manos se cortan utilizando tijera de podar, navaja o cuchilla curva. Para

cosechar las mazorcas que están ubicadas en ramas más altas, se debe usar la pica o media luna.⁹

Figura 5. Cosecha de frutos



Fuente: DUBON, Arnoldo. Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. La lima: FHIA, 2016. P. 1-11.

3.5.2 Partida de mazorcas. Antes de empezar a partir las mazorcas, debe separar las sanas de las enfermas para beneficiar solamente los granos sanos y no dañar la calidad del producto final.

La quiebra o partida de las mazorcas debe hacerse con un machete corto o con un mazo de madera, evitando dañar los granos, esto depende de la habilidad del operario.¹⁰

⁹ DUBON, Arnoldo. Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. La lima: FHIA, 2016. P. 1-11.

¹⁰ Servicios integrales del agro. Partida de mazorcas. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021). Disponible en: <https://actualizandocambios.blogspot.com/2014/12/cosecha-y-beneficio-del-cacao.html>

Figura 6. Mazorca partida



Fuente: Servicios integrales del agro. Partida de mazorcas. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2020). Disponible en: <https://actualizandocambios.blogspot.com/2014/12/cosecha-y-beneficio-del-cacao.html>

3.5.3 Desgranado del cacao. Se hace deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta o vena central de la mazorca, evitando extraerla para no mezclarla con los granos de cacao. Si esto sucede debe sacarse posteriormente dicha placenta pues constituye una impureza que perjudica la calidad del producto.

Figura 7. Extracción de granos



Fuente: DUBON, Arnoldo. Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. La lima: FHIA, 2016. P. 1-11.

3.5.4 Fermentación. Es el paso fundamental en el beneficio del cacao puesto que en este proceso se desarrollan las cualidades del grano, agradables al gusto y al olfato.

Los granos extraídos de la mazorca deben depositarse en cajones de madera, con orificios en el fondo y los lados para la salida de la "baba" o líquidos que se desprenden del mucílago. Los cajones deben estar colocados en sitios cubiertos para que la temperatura sea constante y la fermentación sea completa y pareja. Los cajones se tienen que elaborar con maderas blancas porque las rojas producen mal sabor al cacao.

Es necesario voltear la masa de cacao a partir de las primeras 36 horas y después cada 24 horas para airearla y lograr una fermentación uniforme, mediante la distribución pareja de la temperatura la cual debe permanecer por lo menos 3 días a 50°C, para lo cual la masa de granos debe taparse con costales, hojas o fibras vegetales y estar en un cuarto o lugar abrigado. El tiempo de fermentación debe durar entre 5 a 6 días (120 a 144 horas).

Nunca se deben mezclar en el fermentador granos cosechados en diferentes días, a mezcla no permite uniformidad en los niveles de fermentación ¹⁰

En la fermentación suele suceder que no es homogénea o la misma para toda la cosecha por más que se haga el esfuerzo de que así sea, debido a que los tiempos de volteo o la manera en que se voltea las almendras no es la misma para todas las cajas de madera dando así en muchas ocasiones resultados diferentes, es por ello por lo que la maquina a diseñar se hace importante ya que daría un resultado igual en todas las almendras debido a que se haría una fermentación de manera controlada.

En la maquina podremos darle el volteo homogéneo y el ambiente controlado que se requiera.

Figura 8. Fermentación de cacao en cajas de madera



Fuente: DUBON, Arnoldo. Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. La lima: FHIA, 2016. P. 1-11.

3.5.5 Secado. Este proceso se efectúa sobre una estructura de madera conocida con el nombre de “elba” exponiendo los granos de cacao a temperatura ambiente para alcanzar un contenido de humedad entre el 7% a 7.5%, en este proceso es vital evitar el acceso de animales y/o contaminantes externos a los granos de cacao.⁷

Figura 9. Secado de almendra en una elba



Fuente: Servicios integrales del agro. Secado. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2020). Disponible en: <https://actualizandocambios.blogspot.com/2014/12/cosecha-y-beneficio-del-cacao.html>

4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

De la manera tradicional el proceso de fermentado y desmucilaginado del fruto del cacao carece de asepsia, es arduo y laborioso lo cual genera un sobre costo en la producción. Lo que propone este proyecto es diseñar una máquina que permita fermentar y desmucilaginar de manera controlada y aséptica. De acuerdo con los requerimientos expuestos se realizó una revisión de las posibles alternativas para cumplir con los objetivos descritos por medio de la función de calidad (QFD).

4.2 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

4.2.1 Requerimiento del consumidor. por parte del consumidor se establece una lista de los requerimientos básicos con los que deberá contar la máquina y a su vez la importancia que cada uno de estos tiene.

- Capacidad de procesamiento: 1000[Kg]
- Mantenable
- Confiabilidad
- Limpieza
- Bajo costo de adquisición
- Funcional
- Resistente a la corrosión
- Facilidad de operación

4.3 MATRIZ DE CALIDAD (QFD)

Analizando los requerimientos del cliente y la importancia que, de cada uno de estos para el cliente, se procede a proponer unos requerimientos de diseñador

donde la ponderación de importancia es: 9 (alta), 3(media), 1(baja) y 0(nula). La matriz QFD resultante se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Matriz de calidad (QFD)

REQUERIMIENTOS DEL DISEÑADOR	REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE													importancia para el usuario									
	cuenta con bandeja para recolección de lixiviado	materiales resistentes a esfuerzos	diseño con finalidad de mantenibilidad fácil y rápida	materiales que cumpla con las normas para tratamiento de alimentos	volumen optimo para la capacidad requerida	facilidad transmisión de movimiento	ahorrar en materiales al maximo posible	facilidad de lavado	sea compacto	tiene menor costo aparente de fabricación	facilidad para la operación (cargue, descargue y control)												
capacidad de 1000 kg	0	0	9	###	3	39	0	0	9	###	0	0	0	0	0	0	1	13	0	0	1	13	13
mantenible	3	33	3	33	9	99	3	33	1	11	3	33	0	0	3	33	9	99	1	11	3	33	11
costo	3	33	9	99	9	99	9	99	9	99	9	99	9	99	9	99	1	11	9	99	9	99	11
resistente a la corrosión	1	9	0	0	1	9	1	7	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	9	81	0	0	9
confiabilidad	1	7	0	0	9	63	9	63	0	0	3	21	3	21	9	63	9	63	9	63	3	21	7
limpieza	1	7	0	0	3	21	9	63	0	0	3	21	9	63	3	21	9	63	3	21	9	63	7
facilidad de operación	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	9	45	0	0	0	0	0	0	9	45	9	45	5
funcionable	9	45	3	15	3	15	9	45	9	45	9	45	1	5	9	45	9	45	9	45	9	45	5
SUMATORIA	134		264		350		310		272		243		146		312		252		407		277		

Fuente: Elaboración propia

4.4 PONDERACIÓN DE LOS RESULTADOS DADOS POR LA MATRIZ QFD)

Con la matriz QFD se determinó un porcentaje a los requerimientos de diseño y se definieron cuáles serán los más importantes al momento de escoger las posibles alternativas, esto lo podemos apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Ponderación de los resultados daos por el QFD

CRITERIO	valor	%
tiene menor costo aparente de fabricación	407	24,57
diseño con finalidad de mantenibilidad fácil y rápida	350	21,135
facilidad de lavado	312	18,841
materiales que cumpla con las normas para tratamiento de alimentos	310	18,72
facilidad para la operación (cargue, descargue y control)	277	16,72
sumatoria	1656	100

Fuente: Elaboración propia

4.5 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Con base en los diseños observados en la literatura y en máquinas ya comercializadas con funciones similares a las requeridas por el proyecto, se pueden agrupar tres alternativas de diseño general para el proyecto.

4.5.1 Alternativa 1. Tambor vertical de eje con paletas cargado por la cara superior. Descripción:

Se trata de un recipiente vertical estático con forma de cilindro truncado en su sección inferior el cual es abastecido por la parte superior de este mediante una compuerta que se abre y cierra por un sistema de bisagra.

Esta máquina cuenta con un eje que tiene movimiento giratorio relativo respecto del recipiente el cual es suministrado por un motorreductor. La función de este eje con paletas es que la materia prima que se encuentra contenida dentro este en constante movimiento con el fin de que el mucilago se desprenda de la almendra con mayor eficiencia y mejore la aireación.

El desmucilaginado se realiza mediante una lámina que se encuentra inclinada y perforada ubicada en la zona inferior de la maquina la cual permite que solo el mucilago fluya atreves de ella, después de que el mucilago atraviesa la lámina es recolectado mediante un orificio que se encuentra bajo la lámina ya que el recipiente en su sección inferior cuenta con un desnivel este mucilago fluye en dirección al orificio.

La descarga de esta máquina se realiza mediante una compuerta que se encuentra ubicada en el lateral del contenedor, esta descarga debe ser realizada por un operario y la inclinación de la lámina perforada le ayuda a que sea más sencilla.

Ventajas:

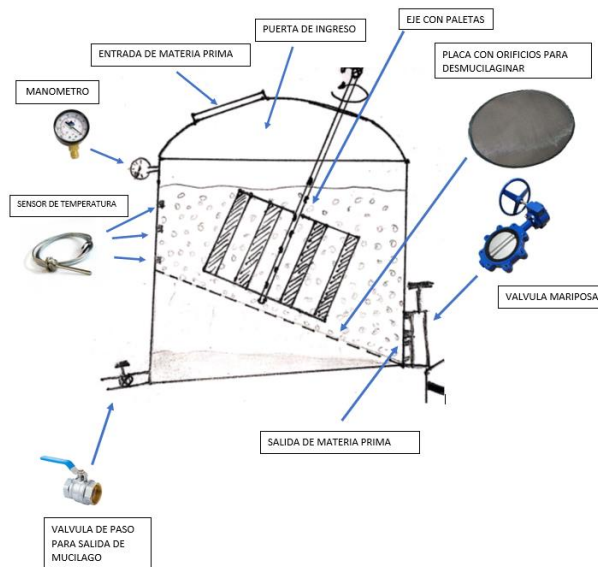
- Facilidad de cargar la maquina
- Fácil fabricación
- Buena aireación homogenizada
- Menor consumo de energía
- Desmucilaginado rápido

Desventajas

- Difícil limpieza
- Ocupa un espacio grande
- Posibles costos asociados a la perforación de la lamina
- Dificultad de operación (descarga)

En la Figura 10 podemos ver un esquema del equipo que se propone y describe como alternativa de solución

Figura 10. Alternativa 1



Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Alternativa 2. Tambor horizontal rotatorio con carga en la cara superior descarga por la cara frontal y paletas en el interior del tambor. Descripción:

Consiste en un tambor horizontal el cual es llenado por la cara superior a través de un par de compuertas deslizantes, la primera se encuentra ubicada en el bastidor de la máquina y la segunda en el tambor o contenedor del fruto del cacao.

El tambor cuenta con movimiento relativo respecto del bastidor el cual es suministrado por un motorreductor que se encuentra conectado a dicho tambor mediante un eje motriz el cual se encuentra a su vez conectado en la parte posterior al tambor mediante una chapa metálica.

Este contenedor se encuentra perforado de tal manera que deje pasar el mucilago, pero no la almendra de cacao cuenta con tres paletas soldadas que tienen como finalidad hacer que el cacao en el interior este en movimiento y se airee con mejor eficiencia. Este tambor se encuentra además sostenido por un sistema piñón cremallera de estilo planetario en la parte delantera de la máquina para evitar que el momento ejercido por el peso tanto del fruto del cacao como el del mismo contenedor eviten el correcto funcionamiento de la máquina.

El contenedor se encuentra dentro de un bastidor con forma de hexágono que cumple la función de mantener fuera de contacto la materia prima de contaminantes externos, en la cara inferior del interior del bastidor se cuenta con una bandeja que tiene la función de recolectar mucilago que es desprendido de la almendra de cacao y eventualmente es drenado por un conducto con la finalidad de darle un beneficio posteriormente.

La descarga de esta maquina se realiza por la cara frontal de la misma la cual cuenta con una compuerta que se puede abrir mediante un sistema de bisagras.

Ventajas:

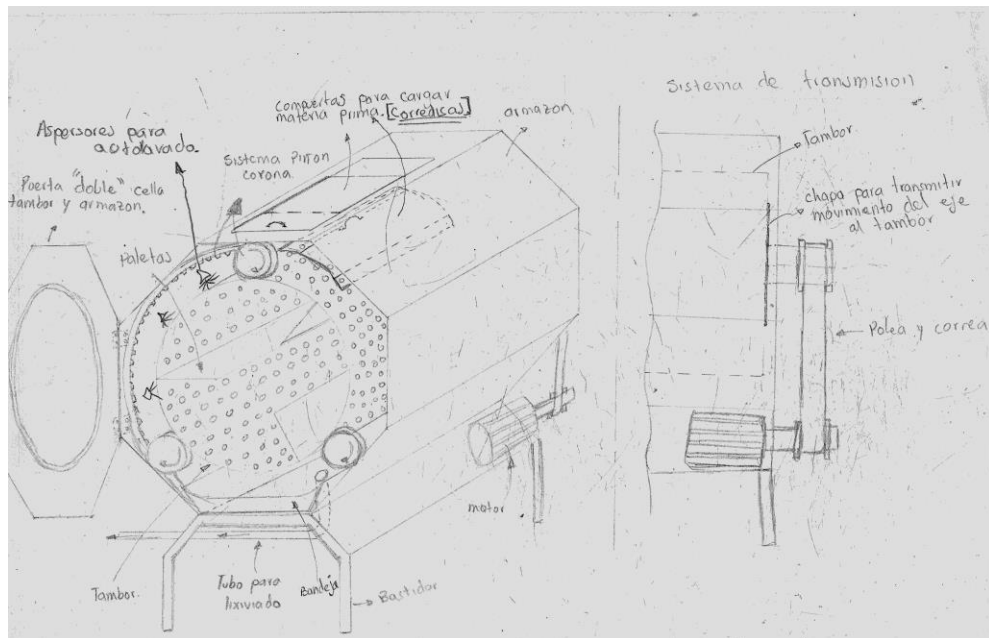
- Facilidad de cargar la maquina
- Buena aireación homogenizada
- Desmucilaginado rápido
- Buena capacidad de procesamiento

Desventajas:

- Difícil limpieza
- Fabricación compleja
- Ocupa un espacio grande
- mayor en el costo de operación

En la Figura 11 podemos ver un esquema del equipo que se propone y describe como alternativa de solución

Figura 11. Alternativa 2



Fuente: Elavoración propia

4.5.3 Alternativa 3. Tambor horizontal rotatorio con carga en la cara superior descarga por la cara frontal y paletas en el interior del tambor. Descripción:

Consiste en un tambor horizontal en forma de U estático el cual es llenado por una compuerta ubicada en su parte superior la cual se abre y cierra mediante deslizamiento, este contenedor está compuesto por tres partes, una parte superior en la cual se encuentra la compuerta para el ingreso y salida de la materia prima y que a su vez permite el aireamiento del cacao, una parte intermedia (tamiz) la cual cuenta con orificios perforados con la finalidad de dejar pasar el mucilago pero no la almendra de cacao cumpliendo con uno de los objetivos que es realizar el desmucilaginado finalmente cuenta con una parte inferior la cual se encarga de recoger el mucilago que es retirado, esta parte inferior cuenta con un desnivel con la finalidad de que el mucilago fluya hacia un extremo donde se encuentra un orificio para su eventual recolección y beneficio. Estas tres partes del contenedor se encuentran unidas mediante una junta.

Por otro lado, tenemos un sistema de eje con paletas sostenido en el bastidor mediante chumaceras el cual cumple con la función de mantener en movimiento continuo las almendras de cacao para que el mucilago se desprenda eficazmente a la vez que las almendras de cacao se airean, este movimiento se da mediante la rotación proporcionada por un motorreductor.

El eje también cumple con la función de sostener el contenedor en forma de U y finalmente debido a que el eje da soporte el contenedor sobre este se genera la rotación relativa para generar el vaciado mediante el voleo cuando se finaliza el proceso de fermentación.

Finalmente se cuenta con un bastidor el cual cumple la función de sostener los diferentes elementos de la maquina tales como: motor, eje y el contenedor.

Ventajas:

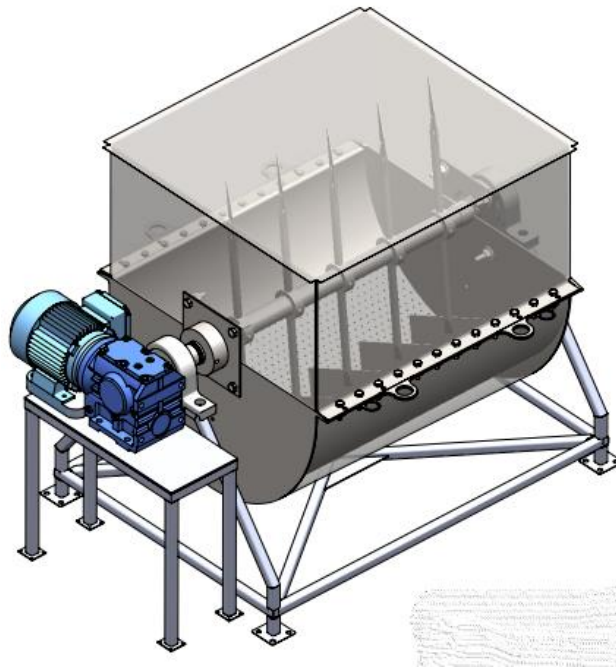
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación
- Buena capacidad de procesamiento
- Diseño sencillo
- Fácil fabricación
- Buena aireación homogenizada
- Desmucilaginado rápido
- Facilidad de limpieza a profundidad
- Menor consumo de energía

Desventajas:

- Ocupa un espacio grande
- Posibles costos asociados a la perforación

En la Figura 12 podemos ver un esquema del equipo que se propone y describe como alternativa de solución

Figura 12. Alternativa 3



Fuente: Elaboración propia

4.6 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

considerando las ventajas y desventajas de las alternativas previamente propuestas, se analizó el valor de estas alternativas en función de los requerimientos del diseñador, esto, con el fin de determinar cuál de esta representa la mejor opción.

La ponderación para analizar la favorabilidad de cada alternativa para cada criterio se define de 1 a 5 siendo 1 el de menor favorabilidad y 5 el de mayor favorabilidad, el resultado de esta matriz se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Matriz de selección de alternativas

MATRIZ DE SELECCION	%	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
CRITERIO				
tiene menor costo aparente de fabricación	24,57	3	5	5
diseño con finalidad de mantenibilidad fácil y rápida	21,135	4	4	4,5
facilidad de lavado	18,841	4	4	4
materiales que cumpla con las normas para tratamiento de alimentos	18,72	5	5	5
facilidad para la operación (cargue, descargue y control)	16,72	5	3	5
sumatoria para alternativa ganadora		410,814	426,514	470,5215

Fuente: Elaboración propia

De la matriz se obtiene entonces que la tercera alternativa, es la más conveniente para dar solución al presente proyecto por lo cual se procederá en base a lo descrito en la alternativa continuar con el proceso de diseño.

5. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DE CACAO CCN51

En este capítulo nos concentraremos en realizar las mediciones del fruto del cacao, más específicamente de la almendra, a la cual le realizaremos medidas de ancho, largo y profundo, en la podremos ver esta medición correspondientemente, con el fin de conocer sus características y para el momento de diseñar la parte encargada de separar el mucilago de la almendra conocer la dimensión que deben tener los orificios perforados de tal manera que solo pueda atravesar el mucilago.

Para ello tomaremos tres lotes de muestra de diferentes mazorcas de cacao y mediremos almendras aleatoriamente para finalizar realizando una tabla donde se registren cada una de las mediciones de la cual seleccionaremos los valores menores de las respectivas mediciones de ancho largo y profundo, esto, con el fin de conocer las características de dimensionamiento, para ello ver Cuadro 4.

Figura 13. Medición del fruto del cacao



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4. Resultados de mediciones aleatorias del fruto del cacao

	# MUESTRA	ANCHO [mm]	LARGO [mm]	PROFUNDO [mm]
RESULTADO DE MUESTRAS	1	13,5	20,5	8,8
	2	13	20	8,5
	3	12,8	19	8,8
	4	13,1	20,1	8,4
	5	13,1	20	8,7
	6	13,8	20,5	8,7
	7	12,9	19,8	8,4
	8	12,9	19,5	8,3
	9	14	20,6	9
	10	13,5	20,3	8,4
	11	13,4	20,3	8,5
	12	13,9	20,5	8,9
	13	13,2	20,4	8,3
	14	12,7	20	9
	15	13	20,1	8,5
	16	13,6	20,4	8,6
	17	13,4	20,4	8,7
	18	13,9	20,6	8,9
	19	13,4	20,2	8,4
	20	13,2	20,3	8,5
	21	13	20	8,7
	22	14,2	20,8	9,1
	23	12,9	19,8	8,4
	24	14,1	20,5	8,9
	25	13,7	20,4	8,8
	26	13,2	20,2	8,7
	27	13,1	20,3	8,5
	28	13,5	20,5	8,8
	29	13,4	20,1	8,4
	30	13,9	20,7	8,9
VALOR MINIMO	-	12,7	19	8,3
VALOR PROMEDIO	-	13,37666667	20,22666667	8,65

Fuente: Elaboración propia

Podemos entonces dar por concluido que el valor mínimo para el ancho de las almendras es 12,7 [mm], el valor mínimo del largo es 19 [mm] y finalmente el valor mínimo de la profundidad es 8,3 [mm].

6. REGLAMENTACIÓN

El proceso de diseño se realiza siguiendo los lineamientos establecidos por la resolución 683 del 2012 por medio de la cual se expide el reglamento para los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto directo o indirecto con los alimentos, bebidas y sus materias primas para consumo humano, los cuales incluyen, envases, cierres, equipos y utensilios de la industria de alimentos y servicios de alimentación y de uso doméstico, entre otros.

Es importante tener claridad del artículo 5 el cual se puede ver en el Anexo A en el que se expone cuáles son los requisitos de los materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos o bebidas para consumo humano. Por otra parte, el artículo 6 el cual nos expone los materiales que están prohibidos para entrar en contacto con alimentos.

Estos artículos son fundamentales para el desarrollo de este proyecto en estos se menciona las condiciones de los materiales y prohibiciones que existen para el procesamiento de alimentos.

7. DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

En este capítulo se presentará los cálculos pertinentes basados en el diseño seleccionado para llevar el presente proyecto hacia una etapa de diseño de detalle y selección de los componentes, es importante tener claro que un diseño está sujeto a cambios hasta el último momento por lo que se tomarán algunas decisiones de selección que probablemente tengan algún ajuste eventualmente. Los planos finales que son resultado de los cálculos realizados en esta sección podrán ser apreciados en el Anexo B.

7.1 FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

El primer factor es la cantidad de cacao total, el cual ha sido especificada en la sección de objetivos específicos y en el cual se indica que La capacidad debe ser de 1000 kg.

El segundo factor para considerar es la densidad del cacao para la cual se tomará un valor promedio de 900 [kg/m³].

El tercer factor es el nivel de llenado. Este nivel será hasta 9 cm por debajo del semicilindro.

El cuarto factor para considerar va a ser el número de paletas en el cual se seleccionan un total de 10 paletas a lo largo del eje motriz las cuales se encontrarán dispuestas en cinco pares y así mismo contarán con un ángulo de 35 grados de inclinación (dicha inclinación puede ser cambiada según se presenten las necesidades a lo largo del diseño).

Cuadro 5. Factores de dimensionamiento

#	FACTOR	VALOR	UNIDAD
1	Masa (m)	1000	Kg
2	Densidad (ρ)	900	Kg/m ³
3	Nivel de llenado	9 cm por debajo del semicilindro	
4	# Paletas	10	

Fuente: Elaboración propia

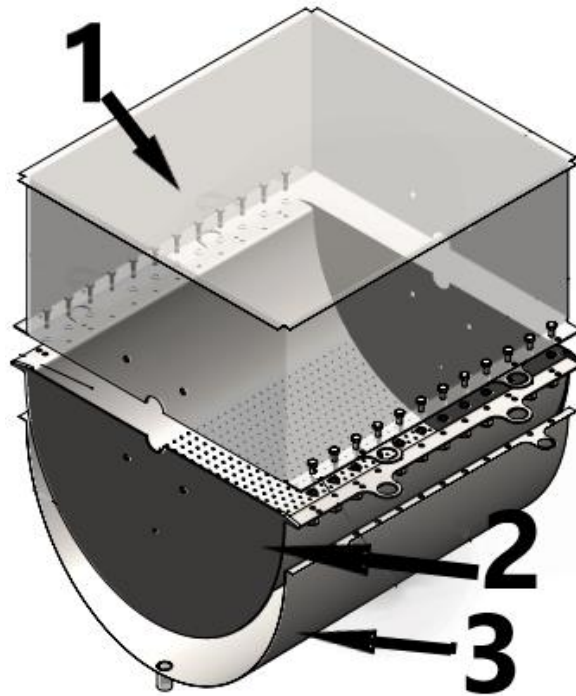
7.2 DISEÑO DEL RECIPIENTE

El recipiente que utilizaremos para desmucilaginar y fermentar se basa en un tanque o contenedor en forma de U el cual se encarga de contener el fruto del cacao durante los 7 días que dura el proceso para ser posteriormente descargado por la parte superior. Este recipiente estará compuesto de tres partes principales:

La parte superior (1) donde podremos tener aire para que se genere la fermentación y en la cual tendremos en su cara superior una compuerta por la cual entrará y saldrá el cacao, una parte intermedia (2) la cual hace la función de tamiz ya que es una lámina perforada cuyas perforaciones tendrán sección circular de diámetro 10 [mm] teniendo en cuenta los datos arrojados en el Cuadro 4.

Esta lámina de la parte intermedia será también la encargada de soportar el cacao que ingrese y cuenta con dos laminas en las caras laterales que harán las veces de sellado o de tapas y finalmente tendremos una parte inferior (3) la cual es una lámina encargada de recibir el mucilago que atraviesa por los orificios de la parte intermedia, esta lamina cuenta con una leve inclinación para guiar los fluidos lixiviados hacia un orificio donde posteriormente deberán ser recogidos para su eventual beneficio, esta parte del recipiente no soporta ninguna carga más que su peso mismo. Ver figura 14.

Figura 14. Contenedor y sus partes



Fuente: Elaboración propia

Estas tres partes deben ser unidas mediante una junta con pernos roscados la cual eventualmente será diseñada. El material que se usará será acero inoxidable A304.

Nota: para simplificar los cálculos se procede a tomar el recipiente como un solo cuerpo, es decir, se ignora el efecto de la junta.

7.2.1 Dimensionamiento del recipiente. Teniendo el conocimiento de la masa y densidad procedemos a encontrar el volumen que ocupara la materia prima.

$$V_m = \frac{m}{\rho_{\text{cacao}}} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- V_m : Volumen
- m: Masa del cacao
- ρ_{cacao} : Densidad del cacao

Reemplazamos y tenemos que

$$V_m = \frac{1000}{900}$$

$$V_m = 1.111 \text{ [m}^3\text{]}$$

Hay que tener en cuenta que el nivel de llenado va a ser hasta 9 [cm] por debajo de la sección horizontal del semicírculo con el fin de que ocurran posibles variantes en la cantidad total de cacao que se puede procesar en la maquina y a que por recomendación de NEXTCOA no se debe hacer uso de empaque debido a que el ambiente es altamente corrosivo (a esta altura se le llama h_{vacio}) tenemos

entonces los siguientes datos por selección propia de los autores:

$$h_{\text{vacio}} = 0,09 \text{ [m]}$$

$$L_{\text{recip}} = 1,6 \text{ [m]}$$

Donde:

- L_{recip} : es la longitud total del recipiente

procedemos con el sistema de ecuaciones para encontrar el diámetro del recipiente y el volumen total de la máquina, tenemos entonces las siguientes expresiones:

$$R_{\text{recip}} = \frac{d_{\text{recip}}}{2} \tag{Ec.2}$$

Donde:

- R_{recip} : Radio del semicilindro

Tenemos que por selección de autores:

$$h = d_{\text{recip}} + 0.05 \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

- d_{recip} : Diámetro del semi cilindro
- h : Altura total del recipiente

Buscamos el área total del recipiente el cual es la suma del área del rectángulo formado por la parte superior más el área del semicírculo inferior.

$$A_t = \left(\frac{\pi * d_{\text{recip}}^2}{8} \right) + \left(\frac{h}{2} \right) * d_{\text{recip}} \quad (\text{Ec.4})$$

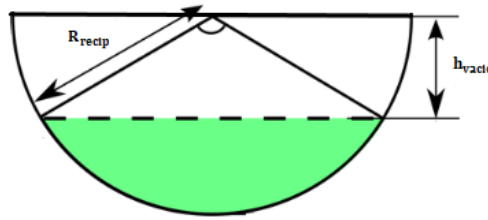
$$V_t = A_t * L_{\text{recip}} \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

- A_t : Área total que ocupa el recipiente
- V_t : Volumen total del contenedor

Como no tenemos matemáticamente una solución para encontrar el d_{recip} y V_t puesto que existen más incógnitas que ecuaciones y recordando que debido a que se va a llevar el nivel de cacao por debajo de la altura de donde termina el semicírculo debemos encontrar entonces un área corregida para la parte inferior del tanque, para apreciar esta geometría se realiza la siguiente figura:

Figura 15. Área sección de segmento semicírculo



Fuente: Elaboración propia

Esta área se halla con la ecuación de para el cálculo del área de un segmento circular lo cual se realizará de la siguiente manera:

$$A_m = \left((R_{recip}^2) * \left(\frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi}{180} * \arcsin \left(\frac{h_{vacio}}{R_{recip}} \right) \right) \right) \right) - (h_{vacio} * \sqrt{(R_{recip}^2) - (h_{vacio}^2)}) \quad (Ec.6)$$

Entonces el volumen corregido será:

$$V_m = A_m * L_{recip} \quad (Ec.7)$$

Donde:

- A_m : área corregida
- V_m : Volumen corregido

Como tenemos en los valores de V_m y L_{mezcl} podemos encontrar el valor de A_m el cual corresponde a:

$$A_m = 0.6944 \text{ [m}^2\text{]}$$

Con el valor de A_m procedemos a encontrar R_{recip} reemplazando en la Ec.6

entonces:

$$R_{recip} = 0.73 \text{ [m]}$$

Por lo tanto, de la Ec.2 tenemos que $d_{recip} = 1.46 \text{ [m]}$ y $h = 1.5 \text{ [m]}$

De la Ec.6 encontramos el radio del semicírculo R_{recip} y con ello podemos encontrar finalmente el volumen total V_t plasmado en la Ec.5 finalizando de esta manera con el dimensionamiento del recipiente.

De la solución del sistema de ecuaciones obtenemos los valores de las dimensiones que debe tener el recipiente lo cual se puede apreciar en el cuadro 6.

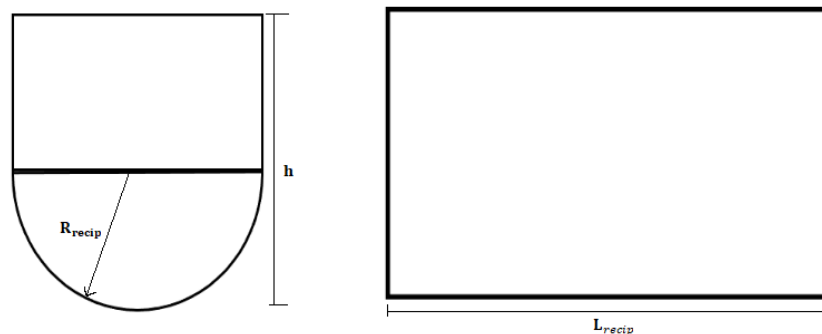
Cuadro 6. Dimensiones del recipiente

Dimensión	Representación	Magnitud (m)
Diametro	d_{recip}	1,46
Largo	L_{recip}	1,6
Altura	h	1,5

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se puede apreciar las dimensiones anterior mente mencionadas.

Figura 16. Dimensionamiento esquemático del recipiente

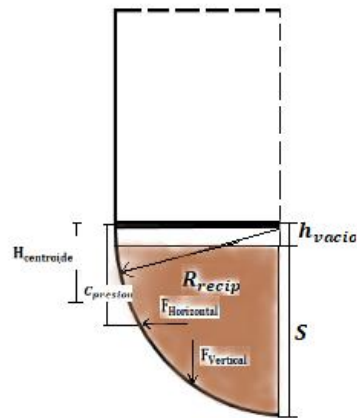


Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Cálculos para el espesor del recipiente. Determinaremos la fuerza resultante sobre la pared del recipiente, esto, siguiendo lo que dice el libro de

Mott¹¹ entre las páginas 97 a 100, solo tomaremos la sección izquierda debido a que el recipiente es simétrico, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 17. Sección izquierda de recipiente



Fuente: Elaboración propia

Lo primero es calcular el valor del peso específico de la materia a procesar que para nuestro caso es el fruto del cacao lo cual podemos realizar con la siguiente ecuación:

$$Y_{\text{cacao}} = \rho_{\text{cacao}} * g \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

- Y_{cacao} : Peso específico del cacao
- g : Gravedad
- ρ_{cacao} : Densidad del cacao

¹¹ MOTT, R. Diseño de elementos de máquinas, 2006. [En línea]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nrYd_BjTL0UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=transmision+por+cadena&ots=1CJq2fraal&sig=aaGjAZWHEN1HCKnGu2Oagezv4AA#v=onepage&q=transmision%20por%20cadena&f=false

- Nota: La gravedad se tomará siempre como $9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

Reemplazamos en la Ec.8 y tenemos que:

$$Y_{cacao} = 900 * 9.8$$

Tenemos como resultado entonces que $Y_{cacao} = 8829 \left[\frac{N}{m^3} \right]$.

Debemos determinar la fuerza resultante sobre el recipiente para lo cual hay que encontrar la fuerza vertical $F_{vertical}$ y la fuerza horizontal $F_{horizontal}$. Procedemos entonces por empezar con la fuerza vertical.

Para ello empezamos entonces encontrando el área ocupada por el cacao sobre una sección del recipiente la cual es la mitad del semicilindro así:

$$A_{secc} = \frac{A_m}{2} \tag{Ec.9}$$

Donde:

- A_{secc} : Área de sección (la mitad)
- A_m : Área corregida

Reemplazando en la ecuación anterior tenemos que:

$$A_{secc} = \frac{0.6944}{2} [m^2]$$

$$A_{secc} = 0.3472 [m^2]$$

Lo siguiente que necesitaremos encontrar es el centroide del área de sección el cual es de la siguiente manera:

$$X_{\text{barra}} = \frac{4R_{\text{recip}}}{3\pi} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

- X_{barra} : Distancia horizontal desde el centro del tanque al centroide de sección

Reemplazando en estas ecuaciones tenemos:

$$X_{\text{barra}} = 0.32 \text{ [m]}$$

Debemos también encontrar la altura de la proyección vertical del volumen llamada s ocupado por cacao lo cual se puede realizar mediante la siguiente ecuación:

$$S = R_{\text{recip}} - h_{\text{vacío}} \quad (\text{Ec.11})$$

Remplazando tenemos:

$$S = 0.73 - 0.09$$

$$S = 0.64 \text{ [m]}$$

Proseguimos con encontrar la distancia entre el nivel de cacao y el centroide de la cara vertical proveniente de proyectar la superficie curva la cual llamaremos $H_{\text{centroide}}$ de la siguiente manera:

$$H_{\text{centroide}} = X_{\text{barra}} \quad (\text{Ec.12})$$

Buscamos la fuerza vertical con la ecuación 13:

$$F_{\text{Vertical}} = V_{\text{cacao}} * A_{\text{secc}} * L_{\text{mezc}} \quad (\text{Ec.13})$$

Reemplazamos para encontrar la fuerza vertical:

$$F_{\text{Vertical}} = 8829 * 0.3472 * 1.6$$

Solucionamos y obtenemos el valor de la fuerza vertical:

$$F_{\text{Vertical}} = 4905 \text{ [N]}$$

Nota: Esta fuerza vertical será aplicada a la distancia X_{barra} del centro del recipiente.

Procedemos ahora a encontrar la fuerza horizontal de la siguiente manera:

$$F_{\text{Horizontal}} = \gamma_{\text{cacao}} * S * L_{\text{mezc}} * H_{\text{centroide}} \quad (\text{Ec.14})$$

Reemplazamos y tenemos:

$$F_{\text{Horizontal}} = 8829 * 0.64 * 1.6 * 0.32$$

Solucionamos y obtenemos el valor de la fuerza horizontal:

$$F_{\text{Horizontal}} = 2893 \text{ [N]}$$

Esta fuerza horizontal será aplicada en una distancia vertical de la base del tanque que llamaremos Y_{aplic} y encontraremos de la siguiente manera:

$$Y_{\text{Aplic}} = S - C_{\text{presion}} \quad (\text{Ec.15})$$

Debemos, para resolver la ecuación inmediatamente anterior encontrar entonces él C_{presion} lo cual lo hacemos con la siguiente ecuación que nos brinda el libro de mecánica de fluidos de mott¹¹ más específicamente en su ecuación 4.18:

$$C_{\text{presion}} = H_{\text{centroide}} + \left(\frac{S^2}{12 * H_{\text{centroide}}} \right) \quad (\text{Ec.16})$$

Reemplazamos:

$$C_{presion} = 0.32 + \left(\frac{0.64^2}{12 * 0.32} \right)$$

$$C_{presion} = 0.4267 [m]$$

Ahora si podemos reemplazar en la Ec.16 de la siguiente manera:

$$Y_{Aplc} = 0.64 - 0.4267$$

$$Y_{Aplc} = 0.2133 [m]$$

Teniendo la fuerza horizontal y vertical podemos encontrar la fuerza resultante que llamaremos F_R con a siguiente ecuación:

$$F_R = \sqrt{((F_{Horizontal})^2) + ((F_{Vertical})^2)} \quad (Ec.17)$$

Reemplazando tenemos:

$$F_R = \sqrt{((2893)^2) + ((4905)^2)}$$

Por lo tanto

$$F_R = 5695 [N]$$

Proseguimos por buscar el Angulo de aplicación de la fuerza resultante de la Ec.18:

$$\theta = \left(\arctan \left(\frac{F_{Vertical}}{F_{Horizontal}} \right) \right) \quad (Ec.18)$$

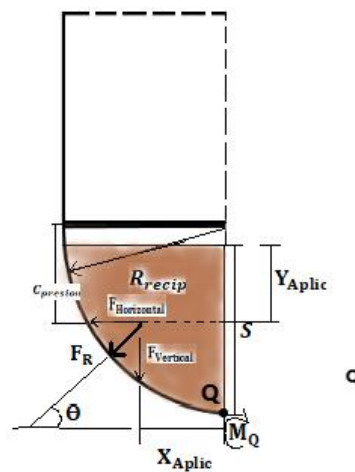
Reemplazando tenemos que:

$$\theta = \left(\arctan \left(\frac{4905}{2893} \right) \right)$$

$$\theta = 59.47^\circ$$

Teniendo los valores de la fuerza resultante que actúa sobre la pared del recipiente y su respectivo Angulo podemos entonces realizar el diagrama de cuerpo libre del recipiente el cual se muestra a continuación en la Figura 18.

Figura 18. Diagrama de cuerpo libre del recipiente



Fuente: Elaboración propia

Mediante este diagrama podemos determinar las reacciones que hay sobre el recipiente, considerando que cada sección del semicírculo se toma como una viga empotrada en el extremo correspondiente al centro del recipiente, donde en la realidad no se presenta flexión, y está sometida a un momento (M_Q) debido a la fuerza F_R . Primero realizaremos el análisis de momentos en el punto Q de la siguiente manera.

$$\Sigma M_Q = 0 \tag{Ec.19}$$

$$M_Q = (F_{\text{Vertical}} * X_{\text{Aplic}}) + (F_{\text{Horizontal}} * Y_{\text{Aplic}}) \quad (\text{Ec.20})$$

Nota: Hay que tener en cuenta que $X_{\text{Aplic}} = X_{\text{barra}}$.

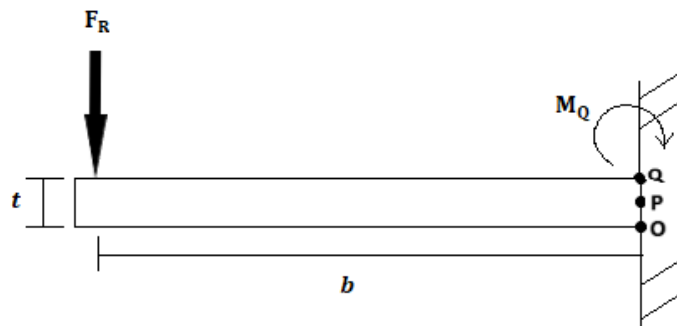
Reemplazando encontraremos que el momento en el punto Q nos da el siguiente resultado:

$$M_Q = 4905 * 0.2974 + 2893 * 0.2133$$

$$M_Q = 2076 \text{ [N * m]}$$

Para la sección transversal de nuestro recipiente tenemos que actúa una fuerza resultante la cual se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 19. Fuerza resultante actuando sobre el recipiente



Fuente: Elaboración propia

Centraremos el cálculo en la sección crítica del elemento la cual es el punto Q, para lo cual tomamos el esfuerzo a flexión σ_{max} que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_Q}{I_{c_{cil}}} \quad (\text{Ec.21})$$

Donde $I_{c_{cil}}$ es el módulo de sección crítica de una sección rectangular.

$$I_{c_{cil}} = \frac{b * (t^2)}{6} \quad (\text{Ec.22})$$

Donde:

t : Espesor del recipiente

b : Longitud del recipiente L_{recip}

Reemplazando la Ec.22 en Ec.21 nos queda la siguiente expresión:

$$\sigma_{max} = \frac{6 * M_Q}{b * (t^2)} \quad (\text{Ec.23})$$

Reemplazamos valores:

$$\sigma_{max} = \frac{6 * 2076}{1.6 * (t^2)}$$

Debido a que no tenemos el espesor no se puede obtener el valor del esfuerzo máximo por lo que necesitamos una ecuación que nos ayude a solucionar el sistema de ecuaciones la cual es la siguiente:

$$N_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (\text{Ec.24})$$

Donde:

N_s : Factor de seguridad estático

S_y : Resistencia a la fluencia del acero A304

El esfuerzo a la fluencia del acero inoxidable A304 es $S_y = 276E^6 [Pa]$ y se toma un factor de seguridad $N_s = 2$.

Reemplazamos en la Ec.24:

$$2 = \frac{276E^6}{\sigma_{\max}}$$

$$\sigma_{\max} = 1.38E^8 [Pa]$$

Este valor de esfuerzo máximo lo reemplazamos en la ecuación tal para encontrar finalmente el valor del espesor de la lámina requerido, reemplazamos en la Ec.23:

$$1.38E^8 = \frac{6 * 2076}{1.6 * (t^2)}$$

Por lo tanto $t = 0.007511 [m]$, como este valor de espesor no existe en la industria debemos normalizarlo por lo cual se selecciona una lámina de calibre $\frac{5}{16}$ el cual se puede apreciar en el siguiente cuadro de espesores para acero inoxidable A304:

Cuadro 7. Espesor calibre 5/16"

Calibre No.	Espesor (Pulgadas)	Espesor (Mm)	Peso (Lb/ Pie2)	Peso (Kg/M2)
1/2"	0.5000	12.70	20.4175	99.695
7/16"	0.4375	11.11	17.8613	87.214
3/8"	0.3750	9.53	15.3212	74.811
5/16"	0.3125	7.94	12.7850	62.329
1/4"	0.2500	6.35	10.2088	49.848
3	0.2391	6.07	9.7586	47.650

Fuente: Nacional de acero [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021). disponible en: <http://www.nacionaldeacero.com/tabla-de-calibres>

7.3 DISEÑO DE LA JUNTA ROSCADA

Cómo se puede apreciar en el diseño seleccionado, aunque para simplificar los cálculos se ha tomado todo el recipiente como un todo en otras palabras como un cuerpo rígido, no se puede ignorar que el mismo está dividido en tres secciones como se pudo apreciar en la Figura 14 las cuales son: parte superior que tiene forma de rectángulo, parte intermedia que hace la función de un tamiz y tiene forma de semicilindro, y la parte inferior que es la que se encarga de recibir el fluido lixiviado que desprende el fruto del cacao, esta parte tiene forma de elipse y tiene un desnivel para que el fluido avance hacia un orificio por el cual drenaremos los lixiviados (mucilago), para tener una mejor orientación de la forma de estas tres partes ver Figura 14. Estas partes deben estar unidas durante el proceso de fermentado y desmucilaginado y posteriormente ser separadas para un lavado a profundidad por lo cual necesitamos un mecanismo que cumpla con este fin, para ello utilizaremos una junta con pernos roscados la cual será diseñada y calculada en esta sección.

7.3.1 Selección del tornillo roscado. Se preselecciona un tornillo de acero inoxidable, métrico fino de diámetro 20 [mm] con cabeza hexagonal, roscado total y grado métrico 4.6 para el cual se le comprobara su resistencia y si puede ser finalmente seleccionado. Teniendo en cuenta que es un tornillo completamente roscado el diámetro de raíz en este caso sería igual al diámetro de cresta.

7.3.2 Rigidez del tornillo. Teniendo en cuenta las especificaciones de la selección del tornillo tenemos como datos iniciales que:

$$E_t = 206,8E^9[\text{pa}]$$

$$A_i = 0.78715$$

$$B_i = 0.62873$$

$$D_r = 0.020 [m]$$

$$L_r = 0.0159 [m]$$

Donde:

- E_t : Modulo de elasticidad del acero inoxidable sacada del libro de Hamrock¹² ver Cuadro 8.
- A_i : Constante numérica adimensional sacada del libro de Hamrock¹² ver Cuadro 8.
- B_i : Constante numérica adimensional sacada del libro de Hamrock¹² ver Cuadro 8.
- D_r : Diámetro de raíz del tornillo
- L_r : Longitud roscada

Cuadro 8. Constantes numéricas adimensionales

Material	Razón de Poisson ν	Módulo de elasticidad E , GPa	Constantes numéricas	
			A_i	B_i
Acero	0.291	206.8	0.78715	0.62873
Aluminio	.334	71.0	.79670	.63816
Cobre	.326	118.6	.79568	.63553
Hierro fundido gris	.211	100.0	.77871	.61616

¹² HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México: Pearson Edición, 2004.

Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

procedemos con los datos anteriores a solucionar la siguiente ecuación para encontrar la rigidez del tornillo K_T

$$\left(\frac{1}{K_T}\right) = \left(\frac{4}{\pi * E_t}\right) * \left(\left(\frac{L_r + 0,4 * D_r}{D_r^2}\right)\right) \quad (\text{Ec.25})$$

Reemplazando los datos tenemos que:

$$\left(\frac{1}{K_T}\right) = \left(\frac{4}{\pi * 206,8E^9}\right) * \left(\left(\frac{0,00159 + 0,4 * 0,020}{(0,020)^2}\right)\right)$$

Finalmente, entonces $K_T = 2.718E^8 \left[\frac{N}{m}\right]$

7.3.3 Rigidez de la junta. para la rigidez de la junta hay que tener en cuenta que el ensamble consta de tres partes del mismo material y de las cuales dos de ellas (la superior y la del medio) cuentan con el mismo espesor el cual es válido recordar que es calibre 5/16", para el espesor de la lámina inferior tomaremos una lámina calibre 14 ya que esta no estará soportando ninguna carga la cual tiene un espesor de 1.90 mm, en la Figura 20. Puede apreciar el esquema de la junta y con el cual se procederá a trabajar:

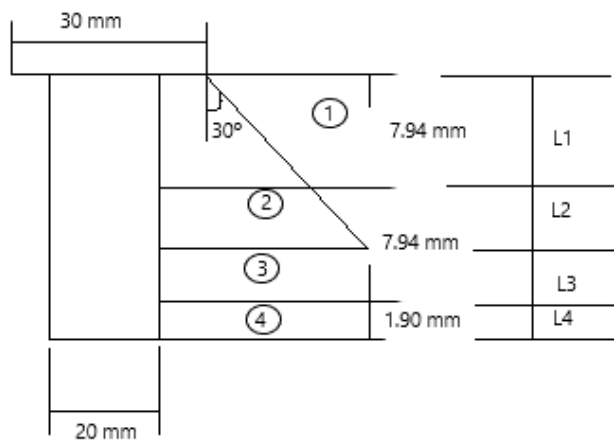
Figura 20. Esquema de la junta



Fuente: Elaboración propia

de la figura anterior podemos sacar entonces los siguientes datos utilizando el concepto de esfuerzo cónico ver Figura 21:

Figura 21. Esfuerzo cónico



Fuente: Elaboración propia

Extraemos entonces de la anterior figura los datos

$$L_1 = 0.00794 [m]$$

$$L_2 = 0.00095 [m]$$

$$L_3 = 0.00699 [m]$$

$$L_4 = 0.0019 [m]$$

El paso para seguir es hallar la rigidez de cada una de las subpartes de la junta para luego hallar la rigidez completa de la misma de la siguiente manera:

Para la primera subparte

$$K_{J_1} = A_i * E_i * D_r * e^{\left(\frac{B_i + D_r}{L_1}\right)} \quad (\text{Ec.26})$$

Reemplazando queda:

$$K_{J_1} = 0.78715 * 206.8E^9 * 0.02 * e^{\left(\frac{0.62873 * 0.02}{0.00794}\right)}$$

$$K_{J_1} = 1.611E^{10} \left[\frac{N}{m} \right]$$

Para la segunda subparte

$$K_{J_2} = A_i * E_i * D_r * e^{\left(\frac{B_i + D_r}{L_2}\right)} \quad (\text{Ec.27})$$

Reemplazando queda:

$$K_{J_2} = 0.78715 * 206.8E^9 * 0.02 * e^{\left(\frac{0.62873 * 0.02}{0.00095}\right)}$$

$$K_{J_2} = 1.852E^{15} \left[\frac{N}{m} \right]$$

Para la tercera subparte

$$K_{J_3} = A_i * E_i * D_r * e^{\left(\frac{B_i + D_r}{L_3}\right)} \quad (\text{Ec.28})$$

Reemplazando queda:

$$K_{J_3} = 0.78715 * 206.8E^9 * 0.02 * e^{\left(\frac{0.62873 * 0.02}{0.00691}\right)}$$

$$K_{J_3} = 1.998E^{10} \left[\frac{N}{m} \right]$$

Para la cuarta subparte

$$K_{J_4} = A_i * E_i * D_r * e^{\left(\frac{B_i * D_r}{L_4} \right)} \quad (\text{Ec.29})$$

Reemplazando queda:

$$K_{J_4} = 0.78715 * 206.8E^9 * 0.02 * e^{\left(\frac{0.62873 * 0.02}{0.0019} \right)}$$

$$K_{J_4} = 2.475E^{12} \left[\frac{N}{m} \right]$$

Finalmente podemos entonces hallar la rigidez de la junta con la Ec.30:

$$\frac{1}{K_j} = \frac{1}{K_{J_1}} + \frac{1}{K_{J_2}} + \frac{1}{K_{J_3}} + \frac{1}{K_{J_4}} \quad (\text{Ec.30})$$

Reemplazando tenemos que:

$$\frac{1}{K_j} = \frac{1}{1.611E^{10}} + \frac{1}{1.853E^{15}} + \frac{1}{1.998E^{10}} + \frac{1}{2.475E^{12}}$$

Con esto tenemos entonces que la rigidez de la junta da como resultado:

$$K_j = 8.887E^9 \left[\frac{N}{m} \right]$$

7.3.4 Parámetro adimensional de rigidez. Conociendo la rigidez de la junta y del perno podemos calcular el parámetro adimensional de rigidez de la siguiente ecuación:

$$C_k = \frac{k_T}{K_T + K_j} \quad (\text{Ec.31})$$

Reemplazamos

$$C_k = \frac{2.718E^8}{8.887E^9 + 2.718E^8}$$

Lo cual nos da como resultado que:

$$C_k = 0.2342$$

7.3.5 Numero de tornillos. El número de tornillos debe ser tal que no quede sobredimensionado y a la vez se garantice el sello entre la junta para lo cual se tomara como criterio que la separación entre tornillos debe ser siete veces el diámetro del tornillo ($7 \cdot D_r$) teniendo en cuenta que el largo del contenedor es 1.6 [m] entonces hacemos el siguiente análisis para encontrar el respectivo número de tornillos:

$$N_t = \frac{1.6}{7 \cdot D_r} \quad (\text{Ec.32})$$

Donde queda claro que el número de tornillos igual al largo del recipiente entre 7 veces el diámetro de raíz, esto, siguiendo el criterio previamente mencionado. Reemplazando D_r en la Ec.33 se obtiene que el número de tornillos es entonces:

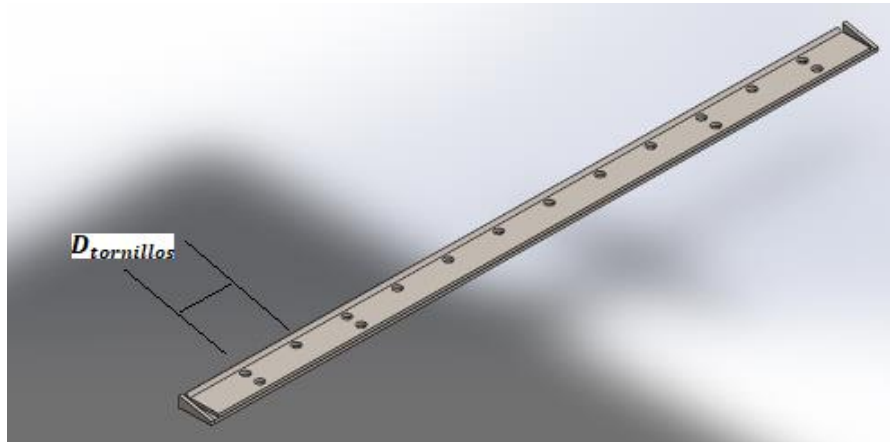
$$N_t = \frac{1.6}{7 \cdot 0.02}$$

$$N_t = 11.43$$

Como el número de tornillos debe ser un número entero entonces proseguimos a tomar finalmente $N_t = 12$ los cuales serán dispuestos en la junta de manera

equidistante entre centros. Para poder cumplir con este parámetro se hace necesario dividir la longitud del recipiente entre el número de tornillos más uno, esto se puede apreciar en la Figura 22:

Figura 22. Separación entre tornillos



Fuente: Elaboración propia

Teniendo esto claro entonces procedemos a encontrar la distancia entre tornillos

$$D_{\text{tornillos}} = \frac{1.6}{N_t + 1} \quad (\text{Ec.33})$$

$$D_{\text{tornillos}} = \frac{1.6}{12 + 1}$$

$$D_{\text{tornillos}} = 0.1231[m]$$

Nota: es importante aclarar que la junta está compuesta por dos partes como se puede apreciar en la Figura 14 por lo que el número de tornillos en realidad es 24 este número se le llamara entonces número de tornillos total N_{t_t} .

7.3.6 Análisis de carga sobre el tornillo. Para hallar la carga máxima es necesario primero encontrar la fuerza máxima que se aplica a la junta la cual es la suma del peso de cacao junto con el peso de la lámina de acero intermedia y la lámina de acero inferior sabiendo esto entonces procedemos a hallar esta fuerza de la siguiente manera:

$$F_{\text{total}} = (m + m_{\text{lamin a}_{\text{inter}}} + m_{\text{lamin a}_{\text{infe}}}) * 9,8 \text{ [N]} \quad (\text{Ec.34})$$

$$m = 1000 \text{ [Kg]}$$

La masa de las láminas será sacada de la Tabla 9 en la cual podemos ver que esta está en función del área, teniendo en cuenta que para la parte intermedia “tamiz” el calibre es 5/16” y la parte inferior el calibre escogido es 14 podremos encontrar la masa de las láminas que se encuentran en función del área.

Cuadro 9. Masa de las láminas en función del área

Calibre No.	Espesor (Pulgadas)	Espesor (Mm)	Peso (Lb/ Pie2)	Peso (Kg/M2)
1/2"	0.5000	12.70	20.4175	99.695
7/16"	0.4375	11.11	17.8613	87.214
3/8"	0.3750	9.53	15.3212	74.811
5/16"	0.3125	7.94	12.7650	62.329
1/4"	0.2500	6.35	10.2088	49.848
3	0.2391	6.07	9.7586	47.650
4	0.2242	5.69	9.1477	44.667
5	0.2092	5.31	8.5368	41.684
6	0.1943	4.94	7.9419	38.779
3/16"	0.1875	4.76	7.6526	37.366
7	0.1793	4.55	7.3149	35.718
8	0.1644	4.18	6.7201	32.813
9	0.1495	3.80	6.1092	29.830
10	0.1345	3.42	5.4983	26.847
1/8"	0.125	3.18	5.1124	24.963
11	0.1196	3.04	4.8873	23.864
12	0.1046	2.66	4.2764	20.881
13	0.0897	2.28	3.6655	17.898
14	0.0747	1.90	3.0546	14.915
15	0.0673	1.71	2.7491	13.424
1/16"	0.0625	1.59	2.5562	12.482
16	0.0598	1.52	2.4437	11.932

Fuente: Nacional de acero [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021).
disponible en: <http://www.nacionaldeacero.com/tabla-de-calibres>

Debemos entonces encontrar el área que esta ocupa la cual para simplificar los cálculos la definiremos como el perímetro de un semicírculo multiplicada por la longitud del recipiente de la siguiente manera:

$$A_{\text{laminas}_{inter}} = \text{perimetro} * \text{longitud} + \text{area de las tapas} \quad (\text{Ec.35})$$

Reemplazando tenemos que:

$$A_{\text{laminas}_{inter}} = \pi * R_{\text{recip}} * L_{\text{recip}} + 2 * \pi * R_{\text{recip}}^2$$

$$A_{\text{laminas}_{inter}} = \pi * 0.73 * 1.6 + 2 * \pi * 0.73^2$$

$$A_{\text{laminas}_{inter}} = 5.291 \text{ [m}^2\text{]}$$

Para la lámina que se encuentra en la parte inferior la cual es la encargada de recibir el mucilago lixiviado se tiene que su perímetro es el de una elipse esta área para simplificar la hallamos mediante construcción con ayuda del software SolidWorks su espesor como se mencionó en la sección 7.3.3 es de una lámina calibre 14 ósea 1.9 mm de espesor.

$$A_{\text{laminas}_{inf}} = 2.34 \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{Ec.36})$$

Teniendo el área entonces hallamos las respectivas masas de las láminas empezando por la lámina intermedia y luego la inferior así:

$$m_{\text{laminas}_{inter}} = m_{c5/16} * A_{\text{laminas}_{inter}} \quad (\text{Ec.37})$$

Reemplazando:

$$m_{\text{laminas}_{inter}} = 62.329 * 5.291$$

$$m_{laminasinter} = 323.8 \text{ [Kg]}$$

para la lámina inferior tenemos que su masa es la multiplicación del área que ocupa por el valor de la masa para lamina calibre 14 en función del área que lo podemos sacar del cuadro 9.

$$m_{laminasinfer} = m_{c14} * A_{laminasinfer} \quad (\text{Ec.38})$$

Reemplazamos y tenemos que:

$$m_{laminasinfer} = 14.915 * 2.34$$

Reemplazando:

$$m_{laminasinfer} = 35 \text{ [Kg]}$$

Encontramos la fuerza total de la siguiente manera:

$$F_{total} = (m + m_{laminasinter} + m_{laminasinfer}) * g \text{ [N]} \quad (\text{Ec.39})$$

Reemplazando tenemos:

$$F_{total} = (1000 + 329.8 + 35) * 9,8 \text{ [N]}$$

Solucionamos para obtener finalmente que:

$$F_{total} = 1365 \text{ [N]}$$

Procedemos a calcular la carga máxima, pero para simplificar los cálculos se realizará el análisis sobre un tornillo para lo cual debemos entonces dividir la carga total que debe soportar la junta entre el número de tornillos totales.

$$P_{max} = \frac{F_{total}}{N_{tt}} \quad (\text{Ec.40})$$

Reemplazando tenemos:

$$P_{\max} = \frac{1365}{24}$$

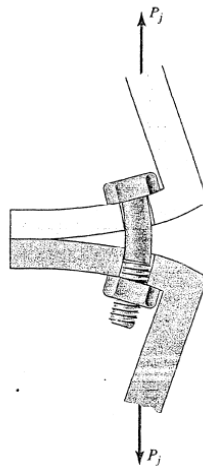
Finalmente encontramos el valor de la carga máxima que soporta un tornillo:

$$P_{\max} = 557.6 \text{ [N]}$$

7.3.7 Análisis estático de la junta. En el subcapítulo 7.3.6 se encontró la carga máxima con la que trabajaremos para realizar el análisis estático en la junta el cual tiene como finalidad determinar si las selecciones hechas hasta el momento tal como tornillo y espesor de lámina cumplen estáticamente, para ello utilizaremos un factor de seguridad de 2.5 para realizar así la comparación entre la carga máxima que va a soportar la junta y la carga que puede soportar.

Por otra parte, existe también una carga máxima que puede soportar la junta antes de separarse como se muestra en la Figura 23. La cual debe ser encontrada también y ser comparada con la carga máxima que va a soportar la junta.

Figura 23. Junta cargada máximamente a punto de separarse



Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

Para realizar este cálculo debemos encontrar primero la carga de prueba con la siguiente ecuación:

$$P_p = A_t * S_p \quad (\text{Ec.41})$$

Donde:

- P_p : Carga de prueba
- A_t : Área del esfuerzo de tensión
- S_p : Resistencia de prueba

Los valores de A_t y S_p son sacados respectivamente de las siguientes tablas:

Tabla 1. Valor del área de esfuerzo de tensión en función del diámetro

Diámetro de la cresta, d_r , mm	Roscas bastas (MC)		Roscas finas (MF)	
	Paso, p , mm	Área del esfuerzo de tensión, A_t , mm ²	Paso, p , mm	Área del esfuerzo de tensión, A_t , mm ²
1	0.25	0.460	—	—
1.6	.35	1.27	0.20	1.57
2	.4	2.07	.25	2.45
2.5	.45	3.39	.35	3.70
3	.5	5.03	.35	5.61
4	.7	8.78	.5	9.79
5	.8	14.2	.5	16.1
6	1	20.1	.75	22
8	1.25	36.6	1	39.2
10	1.5	58.0	1.25	61.2
12	1.75	84.3	1.25	92.1
16	2	157	1.5	167
20	2.5	245	1.5	272
24	3	353	2	384
30	3.5	561	2	621
36	4	817	3	865
42	4.5	1 121	—	—
48	5	1 473	—	—

Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

Tabla 2. Valor de resistencia de prueba en función del grado métrico

Grado métrico	Diámetro de la cresta d_r , mm	Resistencia a la rotura por tensión, S_u , MPa	Resistencia a la fluencia, S_p , MPa	Resistencia de prueba, S_p , Mpa
4.6	M5–M36	400	240	225
4.8	M1.6–M16	420	*340	310
5.8	M5–M24	520	*415	380
8.8	M17–M36	830	660	600
9.8	M1.6–M16	900	*720	650
10.9	M6–M36	1 040	940	830
12.9	M1.6–M36	1 220	1 100	970

*Resistencias a la fluencia aproximada y no se incluyen en las resistencias estándar.

Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

Reemplazando entonces en la Ec.41 tenemos:

$$P_p = 272E^{-6}[m^2] * 225E^6[Pa]$$

$$P_p = 61200 [N]$$

Teniendo el valor de la carga de prueba procedemos a encontrar entonces el valor de la precarga P_i que para una junta con conexión reutilizable según el libro de elementos de máquinas de Hamrock se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_i = 0,75 * P_p \quad (Ec.42)$$

Reemplazamos la ecuación:

$$P_i = 0,75 * 61200$$

Obtenemos entonces que el valor de la precarga es:

$$P_i = 45900 [N]$$

Con este valor hallado procedemos a encontrar el valor de la carga máxima que el tornillo puede soportar con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{(A_t * S_p) - P_i}{P_{\max\text{perno}} * C_k} \quad (Ec.43)$$

Donde:

- N: Factor de seguridad estático
- $P_{\max\text{perno}}$: carga máxima que puede soportar el tornillo

Reemplazamos y tenemos que:

$$2.5 = \frac{(272E^{-6}[m^2] * 225E^6[Pa]) - 45900}{P_{\max\text{perno}} * 0.2342}$$

Obtenemos que $P_{\text{maxperno}} = 26127 \text{ [N]}$

Ahora procesemos a buscar la carga máxima que soporta la junta antes de separarse con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{P_i}{P_{\text{maxsep}} * (1 - C_k)} \quad (\text{Ec.44})$$

Reemplazando tenemos:

$$2.5 = \frac{45900}{P_{\text{maxsep}} * (1 - 0.2342)}$$

Encontramos entonces que $P_{\text{maxsep}} = 23976 \text{ [N]}$

Se puede apreciar al comparar los valores máximos que soportan la junta antes de separarse y el tornillo para un factor de seguridad 2.5 es más que suficiente por lo cual podemos estar plenamente seguros de que estáticamente no va a ocurrir ninguna falla procedemos a encontrar el valor del factor de seguridad estático real con la carga máxima que en realidad soportara la junta.

$$N = \frac{(A_t * S_p) - P_i}{P_{\text{max}} * C_k} \quad (\text{Ec.45})$$

Reemplazamos:

$$N = \frac{(225E^6[\text{Pa}] * 272E^{-6}) - 45900}{557.3 * 0.2342}$$

Nos da como resultado que el factor de seguridad estático es igual a:

$$N = 114$$

Vemos entonces que el factor de seguridad estático no tiene ningún problema, es más, a primera vista podemos decir que estamos en un nivel alto de

sobredimensionamiento, pero debemos corroborar con el factor de seguridad dinámico el cual se calculara en la siguiente sección.

7.3.8 Dimensionamiento del recipiente. En esta sección analizaremos la resistencia de la junta por fátiga lo cual nos lleva a finalmente encontrar el factor de seguridad dinámico el cual se llamará simplifícadamente N_d , este será el criterio final con el que sabremos si las elecciones hechas hasta el momento tal como tornillo y espesor de lámina cumplen en este caso dinámicamente.

Empezaremos por encontrar la fuerza mínima que soportara la junta la cual la encontramos cuando tenemos totalmente descargada la máquina.

$$P_{min} = \frac{(m_{laminasinferiores} * g)}{N_{tt}} \quad (\text{Ec.46})$$

Es importante recordar que como se mencionó en la sección 7.3.6 se divide la carga en el número total de tornillos para realizar el análisis sobre un solo tornillo y así simplificar los cálculos, reemplazando entonces en la ecuación anterior tenemos:

$$P_{min} = \frac{(329.8 + 35) * 9.8}{24}$$

Entonces la carga mínima es:

$$P_{min} = 148.9 [N]$$

Teniendo la carga máxima y mínima procedemos a encontrar la carga media y alternante de la siguiente manera:

Para la carga media tenemos la siguiente ecuación:

$$P_m = P_i + c_k * \frac{P_{max} + P_{min}}{2} \quad (\text{Ec.47})$$

Reemplazamos:

$$P_m = 45900 + 0.2342 * \frac{557.3 + 148.9}{2}$$

$$P_m = 45982 [N]$$

Para la carga alternante tenemos la siguiente ecuación:

$$P_a = C_k * \frac{P_{max} - P_{min}}{2} \quad (\text{Ec.48})$$

Reemplazamos:

$$P_a = 0.2342 * \frac{557.3 - 148.9}{2}$$

$$P_a = 47.82 [N]$$

Teniendo la carga media y alternante procedemos a encontrar los esfuerzos tanto alternante como medio empezaremos por el alternante de la siguiente manera:

$$\sigma_a = \frac{c_k * P_a * N_d}{A_t} \quad (\text{Ec.49})$$

Reemplazamos y tenemos que

$$\sigma_a = \frac{0.2342 * 47.82 * N_d}{272E^{-6}}$$

La ecuación no puede ser resuelta debido a que tenemos una ecuación con dos incógnitas seguiremos entonces por encontrar el esfuerzo medio:

$$\sigma_m = \frac{P_i + C_k * P_m * N_d}{A_t} \quad (\text{Ec.50})$$

Reemplazamos y tenemos que:

$$\sigma_m = \frac{45900 + 0.2342 * 45982 * N_d}{272E^{-6}}$$

Debemos encontrar entonces una ecuación que nos resuelva el sistema de ecuaciones ya que tenemos hasta el momento tres incógnitas con dos ecuaciones, para ello utilizamos el criterio de falla por fatiga de Goodman:

$$N_d = \frac{S_{ut} - \sigma_i}{C_k * \left(\left((K_f * \sigma_a) * \left(\frac{S_{ut}}{S_e} \right) \right) + \sigma_m \right)} \quad (\text{Ec.51})$$

Necesitamos entonces para resolver esta ecuación hallar los valores que aún no se tienen empezaremos entonces por el S_{ut} cuyo valor lo obtenemos de la Tabla 2:

$$\text{Por lo tanto } S_{ut} = 400E^6 [Pa]$$

Seguimos por encontrar el σ_i cuyo valor se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{A_t} \quad (\text{Ec.52})$$

Reemplazando tenemos:

$$\sigma_i = \frac{45900}{272E^{-6}}$$

$$\sigma_i = 1.688E^8 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Para el s_e tenemos la siguiente ecuación:

$$S_e = K_s * K_{tt} * K_m * K_c * K_d * S_{ee} \quad (\text{Ec.53})$$

Por lo que debemos entonces hallar todos los componentes empezando por el S_{ee}

$$S_{ee} = 0.5 * S_{ut} \quad (\text{Ec.54})$$

Reemplazamos y tenemos:

$$S_{ee} = 0.5 * 400E^6 [Pa]$$

$$S_{ee} = 200E^6 [Pa]$$

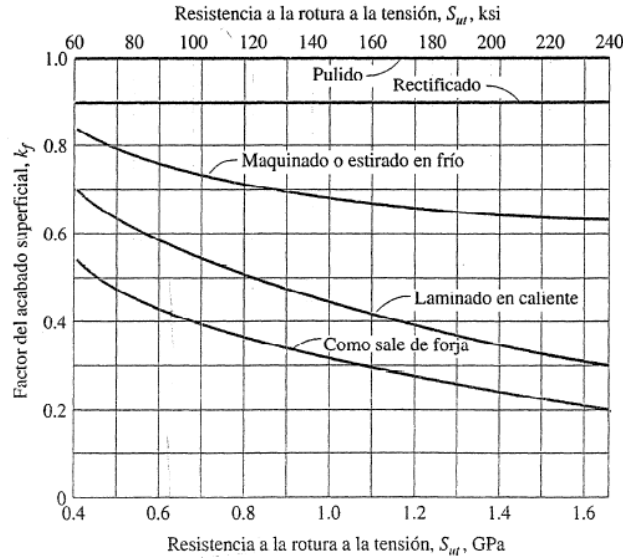
Buscamos ahora los coeficientes k donde:

- K_s : Factor de acabado superficial
- K_{tt} : Factor de temperatura
- K_m : Factor de efectos misceláneos
- K_c : Factor de confiabilidad
- K_d : Factor de tamaño

Los valores de los factores son los siguientes:

$K_s = 0.82$ tomando que el tornillo es maquinado esto se puede apreciar en la siguiente figura:

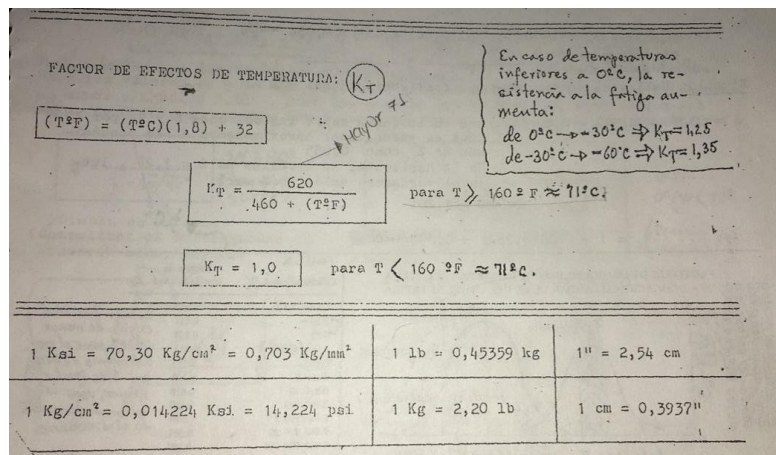
Figura 24. Factor de acabado superficial



Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

$K_{tt}=1$ debido a que la temperatura de trabajo es menor a $71[^\circ\text{C}]$ según el libro de Alfredo Parada como se muestra en la siguiente figura:

Figura 25. Factor de temperatura



Fuente: PARADA, Alfredo. Diseño para cálculos de elementos a fatiga. Bucaramanga. Edición, 1990.

$K_m=0.8$ para aceros con S_{ut} entre 66 y 85 Ksi según el libro de Alfredo Parada en la página 65.

$K_c:0.9$ tomando una confiabilidad de 90% como se aprecia en la siguiente tabla

Tabla 3. Factor de confiabilidad

Probabilidad de supervivencia, porcentaje	Factor de confiabilidad, k_r
50	1.00
90	.90
95	.87
99	.82
99.9	.75
99.99	.70

Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

$K_d=1$ ya que según Alfredo Parada este es el valor que toma este factor cuando trabajamos con cargas axiales puras como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 26. Factor de efectos misceláneos

Para... $0 < d < 0,4''$	$\longrightarrow K_d = 1,00$	Estos valores son sólo para Flexión, Torsión y cargas E1 y Tricombinadas.
$0,4 \leq d < 2,0''$	$\longrightarrow K_d = 0,90$	
$2,0 \leq d < 12,0''$	$\longrightarrow K_d = 0,75$	
$d \geq 12,0''$	$\longrightarrow K_d = 0,60$	
PARA CARGAS AXIALES PURAS... $K_d = 1,0$		\longleftarrow

Fuente: PARADA, Alfredo. Diseño para cálculos de elementos a fatiga. Bucaramanga. Edición, 1990.

Con los valores de los factores obtenidos proseguimos a reemplazar en la Ec.53.

$$S_e = 0.82 * 1 * 0.8 * 0.9 * 1 * 200E^6$$

$$S_e = 142.1E^6 [pa]$$

El ultimo componente de la ecuación que haría falta es el factor K_f es el factor de concentración de esfuerzo por fatiga este lo encontramos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Factor de concentración de tamaño

Factores de concentración de esfuerzos por fatiga para elementos roscados.				
Grado SAE	Grado métrico	Roscas laminadas	Roscas cortadas	Filete
0-2	3.6-5.8	2.2	2.8	2.1
4-8	6.6-10.9	3.0	3.8	2.3

Fuente: HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

Tomando entonces una rosca laminada y para grado métrico entre 3.6 y 5.8 tenemos que $K_f = 2.2$

Reemplazamos entonces en la Ec.51:

$$N_d = \frac{400E^6 - 1.688E^8}{0.2342 * \left(\left((2.2 * 179944) * \left(\frac{400E^6}{142.1E^6} \right) \right) + 341E^6 \right)}$$

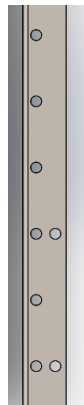
Solucionando tenemos entonces que:

$$N_d = 4.369$$

Es un factor de seguridad más que confiable entonces comprobamos finalmente que para la junta la selección del tornillo y el espesor de las láminas que componen el conjunto cumplen para la carga con la cual se va a trabajar.

7.3.9 Orificio para sostener parte interior. Además de los orificios para los tornillos en la junta se hace necesario realizar un par de orificios más para allí tener sujeta la parte intermedia “tamiz” del tanque junto con la parte superior mientras se baja la parte inferior (recolector de lixiviados).

Figura 27. Disposición de orificios

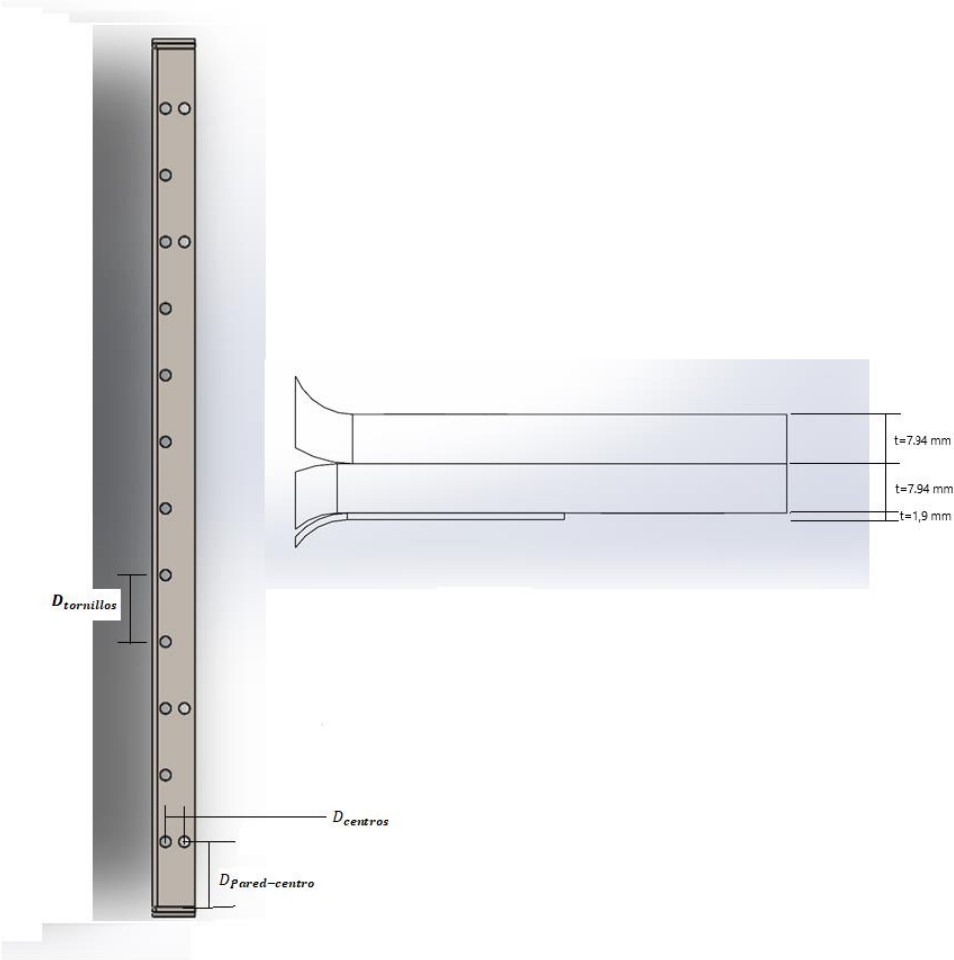


Fuente: Elaboración propia

7.3.10 Dimensionamiento final de la junta. Teniendo el número de tornillo, el espesor de la junta, la disposición de los orificios podemos tener el dimensionamiento final dos medidas más que son la distancia entre el inicio de la

junta y el eje (punto medio) de los tornillos de $D_{Pared-centro} = 25$ [mm] y la distancia entre los orificios para sostener parte intermedia y superior y el final de la junta de $D_{centros} = 20$ [mm] con esta selección finalmente entonces en la siguiente figura se puede apreciar el dimensionamiento final de la junta.

Figura 28. Dimensionamiento de la junta



Fuente: Elaboración propia

7.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE PALETAS

El sistema de paletas es el sistema responsable de mover el fruto del cacao, esto, con el fin principal de homogeneizar la oxigenación de todos los granos de cacao y que el mucilago sea drenado con mayor facilidad. El sistema consta de 5 pares de paletas, las cuales contarán a su vez con un ángulo de 35 grados de inclinación que están conectadas al eje de paletas mediante una ranura que este tiene en el cual irán insertadas las paletas y este posteriormente ira conectado al eje motriz tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 29. Esquema del sistema de paletas



Fuente: Elaboración propia

7.4.1 Dimensionamiento de la paleta. Se debe tener a consideración que como se mencionó previamente las paletas tendrán una inclinación de 35 grados con respecto al eje principal que llamaremos α para favorecer el movimiento del cacao en el interior.

La paleta estará compuesta por dos secciones una rectangular y una circular, así como se observa en la Figura 30.

Figura 30. Esquema de la paleta



Fuente: Elaboración propia

El ancho de la paleta se determina buscando que la separación horizontal entre los extremos de la paleta sea poca, aproximadamente 2 [cm], por lo que se obtiene por medio del siguiente cálculo:

$$L_{\text{paleta}} [\text{cm}] = \left(\frac{1}{\cos(\alpha)} \right) * \left(\frac{L_{\text{mezc}}}{5} - 2 \right) \quad (\text{Ec.55})$$

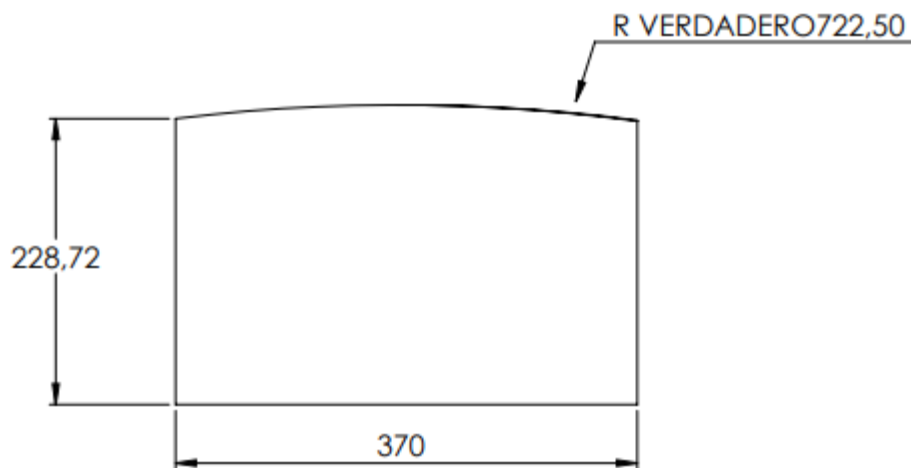
Al reemplazar tenemos:

$$L_{\text{paleta}} [\text{cm}] = \left(\frac{1}{\cos(35^\circ)} \right) * \left(\frac{160}{5} - 2 \right)$$

$$L_{\text{paleta}} [\text{cm}] = 36.62 [\text{cm}] \cong 37 [\text{cm}]$$

El ancho de la paleta (L_{paleta}) se aproxima a 37 [cm], y para el alto (H_{paleta}) se toma 22,8 [cm] como medida aceptable esto para la sección que es rectangular, por parte de la sección circular tomaremos un perfil de círculo con radio 72,2 [cm]. De esta manera se puede extraer el perfil de la paleta como se observa en la Figura 31. (las dimensiones en esta figura están en mm).

Figura 31. Dimensionamiento de la paleta



Fuente: Elaboración propia

7.4.2 Análisis de cargar sobre la paleta. Debido a que el cálculo de la fuerza de resistencia del cacao al mezclado es bastante complejo puesto que depende del peso de los granos de cacao y de la viscosidad del mucilago, y precisamente este último factor varía con el tiempo en el proceso de fermentación, por lo que de manera conservativa se considera que en el mezclado las paletas deben contrarrestar una fuerza equivalente a F_R . Puesto que se va a llenar el tanque hasta unos centímetros por debajo del eje, se puede aproximar la fuerza de una paleta a $F_R/5$, ya que de cada par de paletas casi siempre hay una paleta sumergida haciendo trabajo de mezclado.

Por lo cual la fuerza resultante en cada paleta, llamada F_p , es igual a:

$$F_p = \frac{F_R}{5} \quad (\text{Ec 56})$$

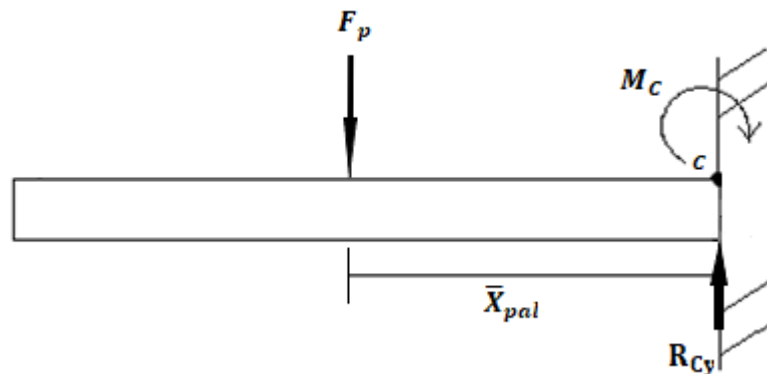
$$F_p = \frac{5695}{5}$$

$$F_p = 1139 \text{ [N]}$$

Al reemplazar se tiene que la fuerza que debe soportar cada paleta es de 1136 [N].

7.4.3 Punto crítico de la paleta. La fuerza de la paleta F_p está distribuida de forma uniforme y en dirección normal a la superficie de la paleta. Debido a que la paleta es simétrica y se encuentra ensamblada a su respectivo eje desde la mitad de está dividiéndola en dos, se puede tomar la mitad de la paleta como una viga empotrada como se muestra en la siguiente figura:

Figura 32. Diagrama de cuerpo libre de la paleta



Fuente: Elaboración propia

Como en cualquier caso de flexión en viga empotrada, el punto crítico se encuentra en el empotramiento, es decir en la sección transversal de la mitad de la paleta. Como ya se sabe, la flexión puede generar dos tipos de esfuerzo, esfuerzo normal máximo en los bordes superior e inferior de la sección transversal y esfuerzo cortante máximo en la mitad de la sección. Para discriminar el punto crítico dentro de la sección de estudio se considera que el efecto de la flexión en el esfuerzo normal máximo es mucho mayor que su efecto en el esfuerzo cortante máximo, por lo que el punto crítico se evalúa en los bordes superior e inferior de la sección crítica, donde a su vez el esfuerzo cortante es nulo.

7.4.4 Análisis estático de la paleta. Para la realización del análisis estático se requiere evaluar los efectos de F_p en toda la paleta y, al tratarse de un caso de flexión, estos efectos se pueden condensar en los diagramas de cortante y de momento flector.

Primero se requiere calcular las reacciones en el empotramiento de la paleta, de acuerdo con la fuerza que recibe la mitad de la paleta, equivalente a $F_p/2$. La reacción en fuerzas se obtiene por medio de sumatoria de fuerzas en y, tal como se observa:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{cy} - \frac{F_p}{2} = 0$$

$$R_{cy} = \frac{F_p}{2} \tag{Ec.57}$$

$$R_{cy} = 569.5 [N]$$

En el empotramiento también se genera un momento de reacción que contrarresta el momento producido por F_p . Ahora bien, esta fuerza se encuentra distribuida como una presión uniforme en toda el área de contacto de la paleta, por lo que la fuerza equivalente $F_p/2$ se encuentra aplicada en el centroide de la media paleta.

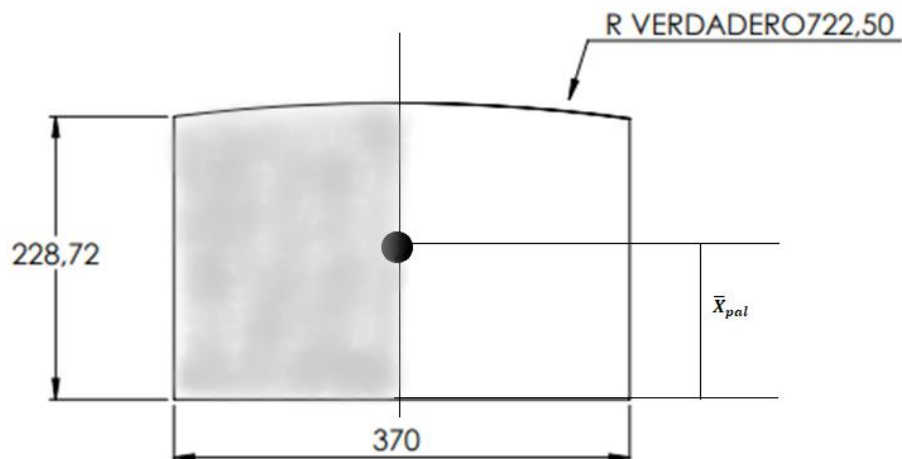
$$\Sigma M = 0$$

$$M_C - \bar{X}_{pal} * \left(\frac{F_p}{2}\right) = 0$$

$$M_C = \bar{X}_{pal} * \left(\frac{F_p}{2}\right) \quad (\text{Ec.58})$$

Debemos entonces encontrar la distancia desde la sección de empotramiento hasta el centroide de la media paleta \bar{X}_{pal} para lo cual se divide el área de la media paleta en un rectángulo y en una sección elíptica, tal como se muestra en la Figura 33:

Figura 33. Centroide de la paleta



Fuente: Elaboración propia

Como el perfil de la paleta proviene de dos secciones una rectangular y otra circular, pero se puede apreciar que la circular es mínima en comparación a la rectangular entonces podemos tomarla como despreciable de igual forma nos respaldaremos en el factor de seguridad por lo que:

$$\bar{X}_{pal} = \frac{22,8}{2} = 11.4 [cm] \quad (Ec.59)$$

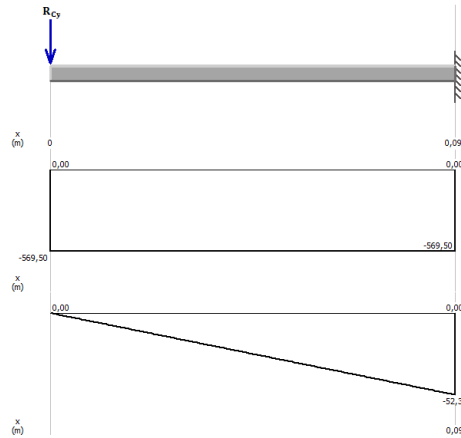
Conociendo el centroide de la media paleta se calcula el momento máximo (M_c) para el cálculo del espesor reemplazando en la Ec.58:

$$M_c = (0.114 [m]) * \left(\frac{1139 [N]}{2} \right)$$

$$M_c = 54.76 [N * m]$$

Al conocer la fuerza y el momento de reacción en el apoyo de la paleta, se pueden realizar los diagramas de cortante y momento flector como se observan en la Figura 34, donde se corrobora que efectivamente en la sección de la paleta donde está empotrada es donde se presenta el mayor cortante y el máximo momento flector.

Figura 34. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para la paleta



Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo normal asociado al momento flector en el punto crítico se obtiene de la siguiente forma:

$$\sigma_{max\ pal} = \frac{6 * M_C}{b * (t_{paleta})^2} = \frac{S_y}{N_s} \quad (Ec.60)$$

De tal forma que tomando un factor de seguridad estático (N_s) de 2.4 como valor aceptable, y conociendo el esfuerzo de fluencia del acero inoxidable, igual a 276 [MPa], se puede obtener el espesor de la paleta (t_{paleta}) de la siguiente forma:

$$\frac{S_y}{N_s} = \frac{6 * M_C}{b * (t_{paleta})^2} \quad (Ec.61)$$

Procedemos a despejar t_{paleta} para encontrar su valor final de la siguiente manera:

$$(t_{paleta})^2 = \frac{6 * M_C * N_s}{b * S_y}$$

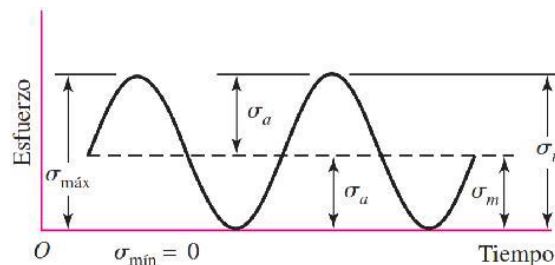
$$t_{paleta} = \sqrt{\frac{6 * M_c}{b} * \frac{N_s}{S_y}} = \sqrt{\frac{6 * (54.76 [N * m])}{(0.2 [m])} * \frac{2.4}{276 * 10^6 [Pa]}}$$

$$t_{paleta} = 0.00377 [m] \cong 3.8 [mm]$$

Finalmente se obtiene que el espesor mínimo de la paleta para cumplir el factor de seguridad estático es de 3.8 [mm].

7.4.5 Análisis de la paleta por fatiga. El esfuerzo que se encuentra actuando sobre el sistema de paletas es un esfuerzo repetitivo, ya que así es la naturaleza de los equipos rotatorios, de manera que todos los elementos relacionados con el sistema de paletas tendrán este comportamiento. Este comportamiento variable en los esfuerzos se puede apreciar en la Figura 35.

Figura 35. Diagrama de un esfuerzo fluctuante



Fuente: BUDYNAS, Richard. NISBETT, Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México D.F: Mc Graw Hill Edición, 2008. p.293.

A diferencia de un eje rotativo que en flexión se alterna entre tensión y compresión, los esfuerzos de flexión en la paleta se alternan entre el estado de esfuerzo máximo cuando está haciendo trabajo de mezclado y un estado libre de esfuerzos cuando no se encuentra sumergida en el cacao. De esta manera los esfuerzos máximos y mínimos en el punto crítico son:

$$\sigma_{max\ pal} = \frac{6 * M_C}{b * t^2} \quad (\text{Ec.62})$$

$$\sigma_{min\ pal} = 0 \quad (\text{Ec 63})$$

$$\tau_{max\ pal} = 0 \quad (\text{Ec.64})$$

$$\tau_{min\ pal} = 0 \quad (\text{Ec.65})$$

De esta manera, se pueden calcular los esfuerzos medios y alternantes en el punto crítico. En cuanto a los esfuerzos cortantes se puede inferir que estos esfuerzos también son nulos, pero en el caso de los esfuerzos normales se realiza el respectivo cálculo:

$$\sigma_{m\ pal} = \frac{\sigma_{max\ pal} + \sigma_{min\ pal}}{2} = \frac{3 * M_C}{b * (t_{paleta})^2} \quad (\text{Ec.66})$$

$$\sigma_{a\ pal} = \frac{\sigma_{max\ pal} - \sigma_{min\ pal}}{2} = \frac{3 * M_C}{b * (t_{paleta})^2} \quad (\text{Ec.67})$$

Ya que no hay esfuerzos cortantes, los esfuerzos equivalentes de Von-Mises son iguales a los esfuerzos normales y con estos se calcula el factor de seguridad dinámico con el criterio de Soderberg:

$$\begin{aligned} \sigma'_{m\ pal} &= \sigma_{m\ pal} & \sigma'_{a\ pal} &= \sigma_{a\ pal} \\ \frac{\sigma'_{m\ pal}}{S_y} + \frac{\sigma'_{a\ pal}}{S_e} &= \frac{1}{N} \end{aligned} \quad (\text{Ec.68})$$

Con esta última ecuación se calcula el espesor de la paleta para cumplir con el factor de seguridad dinámico. De esta forma lo primero que debe calcularse es la resistencia de la paleta a la fatiga (S_e), que se obtiene a partir de la resistencia del material a vida infinita (S_e') y los distintos factores que influyen en la resistencia.

Según Shigley¹³ la resistencia de aceros a vida infinita se calcula como la mitad del esfuerzo último siempre que este esfuerzo sea inferior a 200 [kpsi] (1400 [MPa]). El esfuerzo último del acero inoxidable A304 es de 568 [MPa], por lo que se obtiene:

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} \quad (\text{Ec.69})$$

$$S'_e = 0.5 * (568 \text{ [MPa]})$$

$$S'_e = 284 \text{ [MPa]}$$

Los factores de corrección que influyen en la resistencia a la fatiga son la condición superficial (k_a), el tamaño (k_b), el tipo de carga (k_c), la temperatura (k_d), la confiabilidad requerida por la pieza (k_e) y efectos varios como corrosión (k_f). La temperatura de operación es de aproximadamente 50°C, y sabiendo que la resistencia a la fatiga no disminuye considerablemente a más de 205°C (400°F), se puede despreciar el efecto de este factor, igualmente la paleta del sistema de mezclado no sufre de algún efecto variado, por lo que:

$$k_d = k_f = 1 \quad (\text{Ec.70})$$

El factor de condición superficial depende del proceso de manufactura usado en su fabricación, en el caso de la paleta, al provenir del corte de una lámina de acero inoxidable, generalmente fabricada por laminación en frío, se usan los factores de la segunda fila de la Tabla 5.

¹³ BUDYNAS, Richard. NISBETT, Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México D.F: Mc Graw Hill Edición, 2008. 1044.p.

Tabla 5. Factores a y b

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: BUDYNAS, Richard. NISBETT, Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill Edición, 2008.

El factor “a” tiene valor de 4.51 y el exponente “b” tiene un valor de -0.265, con lo que se calcula el factor de corrección por superficie (k_a) de la siguiente forma:

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{Ec.71})$$

$$k_a = 4.51 * 568^{-0.265}$$

$$k_a = 0.842$$

El factor de corrección por tamaño está determinado como una función del diámetro del eje de estudio, debido a que fue concebido originalmente mediante la correlación de resultados en probetas cilíndricas. En el caso de la paleta, la sección transversal es rectangular, por lo que se debe usar un diámetro equivalente, obtenido por medio de la siguiente ecuación:

$$d_{eq} = 0.808\sqrt{b * h} \quad (\text{Ec.72})$$

Reemplazando tenemos que:

$$d_{eq} [m] = 0.808\sqrt{(0.2 [m]) * t [m]} = 0.361\sqrt{t [m]}$$

Y obtenemos entonces la siguiente expresión:

$$d_{eq} [mm] = 361.35 \sqrt{t_{paleta} [m]} \quad (\text{Ec.73})$$

Ya con el diámetro equivalente en milímetros se puede calcular el respectivo factor de corrección por medio de la siguiente ecuación:

$$k_b = \begin{cases} (d_{eq}/7.62)^{-0.107} = 1.24d_{eq}^{-0.107}; & 2.79 \leq d_{eq} \leq 51 [mm] \\ 1.51d_{eq}^{-0.157}; & 51 < d_{eq} \leq 254 [mm] \end{cases}$$

El máximo espesor de paleta que resulta en un diámetro equivalente perteneciente al rango de la primera ecuación ($d_{eq} \leq 51 [mm]$) es de aproximadamente 0.02 metros (2 [cm]), un valor muy alto para un espesor de lámina, por lo que de entrada se puede inferir que el diámetro equivalente se encontrará en el primer rango:

$$t_{paleta} = 0.02 [m]; \quad d_{eq} [mm] = 361.35\sqrt{0.02} \cong 51$$

El cálculo del factor de corrección por tamaño se puede expresar entonces como función del espesor de paleta mediante a siguiente simplificación:

$$k_b = \left(\frac{d_{eq}}{7.62}\right)^{-0.107} \quad (\text{Ec.74})$$

Reemplazamos la Ec.74 en Ec.73 y tenemos:

$$k_b = \left(\frac{361.35\sqrt{t_{paleta} [m]}}{7.62}\right)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.6617(t_{paleta} [m])^{-0.0535}$$

El factor de corrección por carga (k_c), que depende del tipo de carga a la que está sometida la pieza, carga axial, torsión o flexión. En el caso de la paleta, se puede notar que no hay torsión y que la carga axial es prácticamente despreciable, por lo

que se considera como un caso de flexión pura, caso en el cual el factor de corrección es igual a 1.

$$k_c = 1$$

El último factor por evaluar es el de corrección por confiabilidad (k_e), ya que para este diseño se va a considerar una confiabilidad mayor al 50% que se usa por defecto. Las confiabilidades más comunes y su respectivo factor de corrección se encuentran en la Tabla 6, de donde se observa que el factor de corrección para una confiabilidad del 90%, la usada para este diseño, es de 0.897.

$$k_e = 0.897$$

La resistencia a la fatiga de la paleta (S_e) se obtiene al multiplicar la resistencia a la fatiga del material con los factores de corrección, de la forma:

$$S_e = S'_e * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f \quad (\text{Ec.75})$$

Reemplazamos los valores en la ecuación 78 y tenemos que:

$$S_e = (284 \text{ [MPa]}) * 0.842 * 0.6617(t_{paleta} \text{ [m]})^{-0.0535} * 0.897$$

$$S_e \text{ [MPa]} = 141.933(t_{paleta} \text{ [m]})^{-0.0535}$$

$$S_e \text{ [Pa]} = (141.933 * 10^6) * (t_{paleta} \text{ [m]})^{-0.0535}$$

Ya conociendo la resistencia a la fluencia (S_y), de 276 [MPa], y la resistencia de la pieza a la fatiga (S_e), se procede a determinar el menor espesor posible para que el factor de seguridad a la fatiga alcance un valor mínimo de 2.

$$\sigma'_{m_{pal}} \text{ [Pa]} = \sigma'_{a_{pal}} \text{ [Pa]} \quad (\text{Ec.76})$$

$$\frac{3 * (54.76 [N - m])}{(0.2 [m]) * (t_{paleta} [m])^2} = \frac{821.4}{(t_{paleta} [m])^2}$$

$$N = 2$$

Retomando el criterio de Soderberg, se despeja el espesor de paleta de la siguiente forma:

$$\frac{\sigma'_{m_{pal}}}{S_y} + \frac{\sigma'_{a_{pal}}}{S_e} = \frac{1}{N} \quad (\text{Ec.77})$$

Reemplazando se tiene que:

$$\frac{821.4}{(276 * 10^6) * (t_{paleta} [m])^2} + \frac{821.4}{(141.933 * 10^6) * (t_{paleta} [m])^{1.9465}} = \frac{1}{2}$$

$$t_{paleta} = 0.00372 [m] \cong 3.8 [mm]$$

Al resolver la ecuación anterior se obtiene que el mínimo espesor para cumplir el criterio de fatiga es un poco menor al espesor requerido con el factor de seguridad contemplado al suponer carga estática, sin embargo, en ambos casos se puede redondear el espesor mínimo a 3.8 [mm].

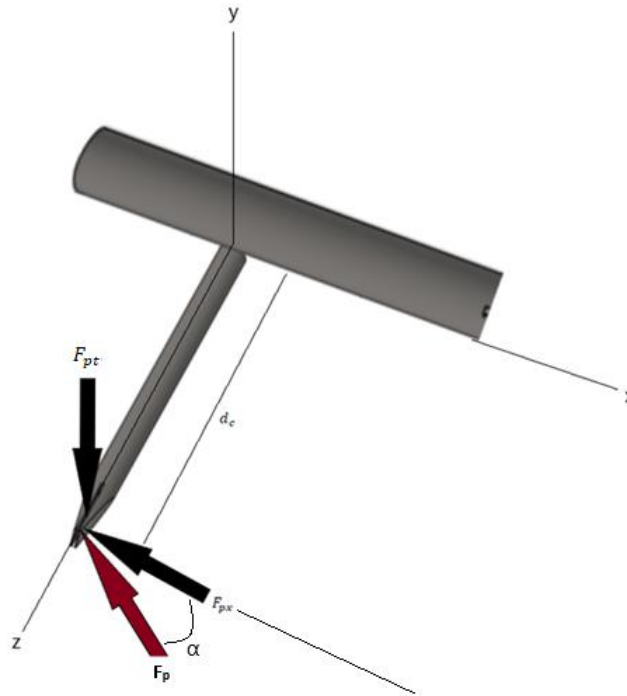
Si bien ya se conoce un valor aproximado del espesor de la paleta por diseño, es necesario encontrar un espesor que se ajuste al de una lámina comercialmente disponible, como los que se muestran en la Tabla 15. De la tabla se puede verificar que el calibre de la lámina más delgada que cumple con los factores de seguridad estático y dinámico es el calibre 9, que tiene un espesor de 3.80 [mm], ajustándose de forma exacta al cálculo realizado. Ver Cuadro 9.

7.5 ANÁLISIS DEL EJE DE LA PALETA

7.5.1 Factores de dimensionamiento del eje de la paleta. En el diseño del eje de la paleta influye la fuerza total ejercida sobre la paleta y la dirección que tiene, que a su vez depende del ángulo de inclinación de la paleta (α). En la Figura 36 se puede observar la ubicación y la dirección de la fuerza de reacción de la paleta (F_p) en el respectivo eje.

Este eje de paleta será acoplado al eje motriz mediante un anillo de acople con la finalidad de que en una eventual falla del eje de paleta o de la paleta solo sea necesario retirar este elemento ya que este anillo ira sujetado al eje principal mediante dos tornillos los cuales pueden ser desenroscados y roscados, este anillo además nos favorece la posición en la cual queremos poner la paleta debido a que se puede girar el eje de la paleta libremente sobre el eje principal cuando no tenemos apretado el tornillo pasador. Este anillo deberá ser fabricado en acero inoxidable y sus especificaciones serán mostradas en el Anexo B el cual corresponde a los planos finales de la maquina

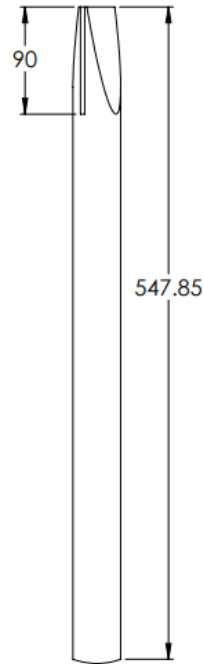
Figura 36. Ubicación y dirección de la fuerza de reacción en la paleta



Fuente: Elaboración propia

Al tratarse de un eje convencional de sección circular, los únicos factores de dimensionamiento del eje son el largo y el diámetro. El largo está determinado por las dimensiones del tanque de tal manera que la separación del extremo de la paleta con la sección cilíndrica del tanque sea de 5 [mm]. Considerando que el semicilindro posee un radio de 730 [mm], el largo total del eje de la paleta lo tomamos de 547.85 [mm], de los cuales 90 [mm] están ocupados en sostener la paleta a este valor le llamaremos H_{pal} . Estas medidas se muestran en la Figura 37.

Figura 37. Dimensionamiento del eje de la paleta



Fuente: Elaboración propia

7.5.2 Análisis de cargas sobre el eje de la paleta. Al considerar que el ángulo de la paleta tiene un ángulo de 35° , se puede descomponer la fuerza de la paleta en dos fuerzas, el componente tangencial al recorrido (F_{pt}), y el componente axial (F_{px}). De acuerdo con la Figura 36, estas fuerzas se obtienen de la siguiente forma:

$$F_{pt} = F_p * \cos(\alpha) = F_p * \cos(35^\circ) \quad (\text{Ec.78})$$

$$F_{px} = F_p * \sin(\alpha) = F_p * \sin(35^\circ) \quad (\text{Ec.79})$$

Reemplazando los valores en las Ec 78 y Ec 79 tenemos:

$$F_{pt} = (1139 [N]) * \cos(35^\circ) = 933 [N]$$

$$F_{px} = (1139 [N]) * \sin(35^\circ) = 653.3 [N]$$

Como es bien sabido, la dirección del momento originado por una fuerza es mutuamente perpendicular a la fuerza y al brazo, conocido como el vector que va desde el punto de referencia al punto de la aplicación de la fuerza, de tal manera que, al analizar los momentos percibidos en cualquier parte del eje, se puede deducir que la fuerza tangencial genera un momento en dirección axial M_{Ax} y que, por el contrario, el componente axial de la fuerza genera un momento en dirección tangencial M_{At} .

Ahora bien, el cálculo de los momentos se realiza por medio de productos cruz entre el brazo (\vec{r}) y las respectivas fuerzas. Ya que las dos fuerzas, F_{pt} y F_{px} , son perpendiculares al eje de la paleta (dirección del brazo), la magnitud de los momentos se puede calcular de forma simplificada:

$$M_{A,x} = \|\vec{r} \times \vec{F}_{pt}\| = r * F_{pt} \quad (\text{Ec.80})$$

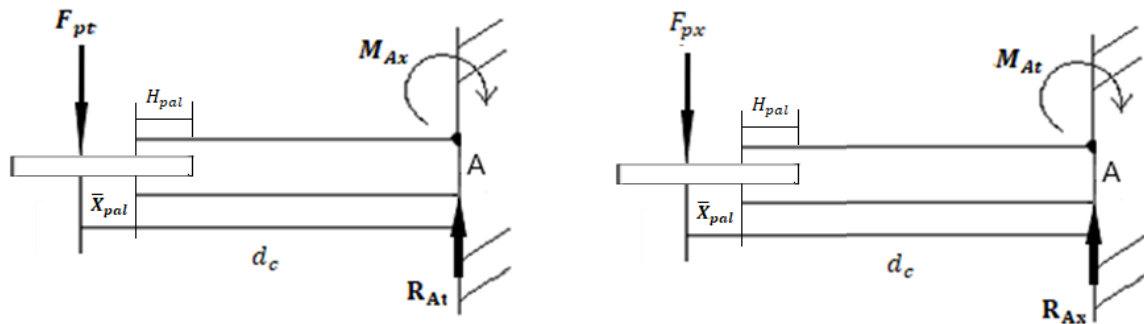
$$M_{A,t} = \|\vec{r} \times \vec{F}_{px}\| = r * F_{px} \quad (\text{Ec.81})$$

7.5.3 Punto crítico del eje de la paleta. Cada eje de paleta se encuentra apoyado en el eje principal, manteniendo este extremo fijo. Este sistema de soporte del eje puede ser considerado como un empotramiento en el extremo opuesto a la paleta (Punto A), por lo que se analiza esta sección en específico, ya que es en el mismo empotramiento donde se encuentra el punto crítico de un eje sometido a flexión.

Bajo la misma consideración de distribución uniforme de fuerza en la paleta, la fuerza está aplicada a una distancia d_c del punto A, que incluye el largo de la

sección del eje que no sostiene la paleta y la altura del centroide de la paleta con respecto a su base, ver a Figura 38.

Figura 38. Diagrama de cuerpo libre del eje de la paleta



Fuente: Elaboración propia

Procedemos entonces a encontrar el valor de d_c :

$$d_c = (L_{eje,pal} - H_{pal}) + \bar{X}_{pal} \quad (\text{Ec.82})$$

$$d_c = (54,785 - 9) + 11.4$$

$$d_c = 57.8 \text{ [cm]}$$

Así como se dedujo en el diseño de la paleta, se puede afirmar que el esfuerzo cortante máximo que se produce por flexión es prácticamente despreciable al compararlo con el esfuerzo normal máximo que se manifiesta en los puntos más alejados al eje neutro, siendo estos puntos de la sección de empotramiento los puntos críticos del diseño, en los que además no se presenta esfuerzo cortante por flexión.

7.5.4 Análisis estático del eje de la paleta. El análisis estático del eje de la paleta se basa en determinar el efecto de los esfuerzos en cualquier parte de la pieza, para esto se requieren los diagramas de cortante y momento flector.

Primero, se calcula la fuerza de reacción en el apoyo (Sección A), tomando en cuenta que la fuerza externa aplicada, la fuerza de la paleta, tiene dos componentes y por lo mismo la reacción también tendrá ambos componentes, R_{At} y R_{Ax} .

Hacemos sumatoria de fuerzas de la siguiente manera:

$$\Sigma F_t = 0$$

$$R_{At} - F_{pt} = 0$$

$$R_{At} = F_{pt} \tag{Ec.83}$$

Por lo tanto:

$$R_{At} = 933 [N]$$

Por otro lado, haciendo sumatoria de fuerzas en el eje x quedaría:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{Ax} - F_{px} = 0$$

$$R_{Ax} = F_{px} \tag{Ec.84}$$

$$R_{Ax} = 653.3 [N]$$

Como se mencionó previamente, también se generan momentos de reacción en dirección tangencial (M_{At}) y axial (M_{Ax}), por acción de los componentes axial y tangencial de la fuerza de paleta respectivamente.

Realizamos entonces la sumatoria de momentos:

$$\Sigma M_t = 0$$

$$M_{At} - d_c * F_{px} = 0$$

$$M_{At} = d_c * F_{px} \tag{Ec.85}$$

$$M_{At} = (0.578 [m]) * (653.3 [N])$$

$$M_{At} = 357.3 [N * m]$$

Por otro lado, haciendo sumatoria de momentos en el eje x quedaría:

$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_{Ax} - d_c * F_{pt} = 0$$

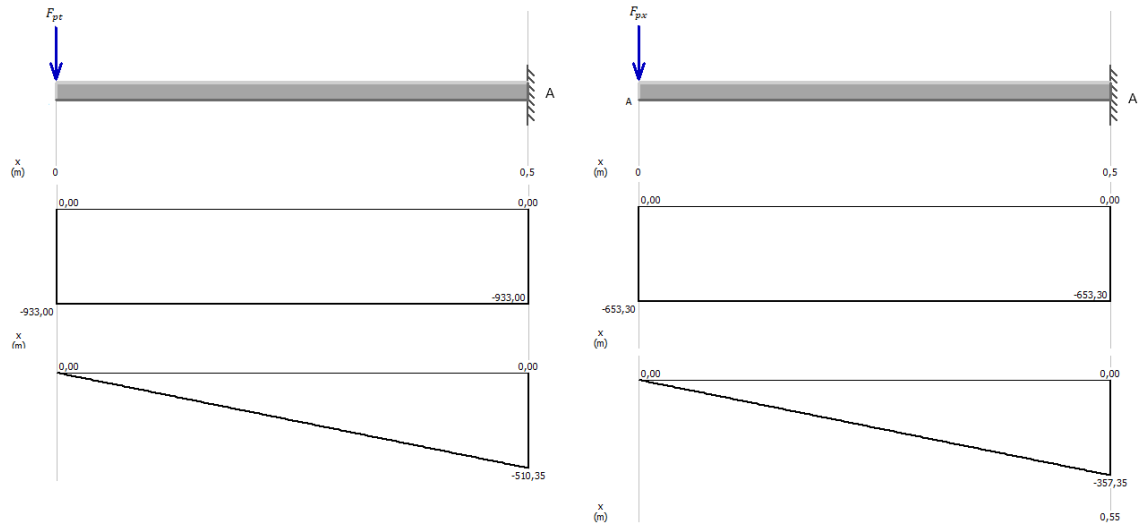
$$M_{Ax} = d_c * F_{pt} \tag{Ec.86}$$

$$M_{Ax} = (0.578 [m]) * (930.56 [N])$$

$$M_{Ax} = 510.3 [N * m]$$

Ya conociendo las fuerzas y momentos de reacción se pueden realizar los diagramas de cortante y momento flector como se muestran en la Figura 39. En los diagramas se puede notar que los momentos flectores en el punto crítico son los mismos momentos de reacción (M_{At} y M_{Ax}), por lo que se usan estos valores para determinar el esfuerzo crítico.

Figura 39. Diagrama de fuerza cortante y momento flector eje paleta



Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo normal máximo, por efecto de la flexión, depende del diámetro del eje de paleta (d_{pal}) y del momento flector total en el punto crítico mediante la siguiente relación:

$$\sigma_{max\ eje, pal} = \frac{Mc}{I} = \frac{32M_A}{\pi(d_{pal})^3} = \frac{S_y}{N_S} \quad (\text{Ec.87})$$

En la anterior relación se puede despejar el diámetro del eje, aislando los dos últimos elementos de la igualdad, ya que se considera un factor de seguridad estático (N_S) de 2.5 aceptable para esta aplicación. Además, debido a que por la condición particular de trabajo se tiene la obligación de trabajar en todo el diseño con el acero inoxidable, se infiere que en esta pieza el esfuerzo de fluencia también es de 276 [MPa].

$$\frac{32M_A}{\pi(d_{pal})^3} = \frac{S_y}{N_S}$$

$$\frac{32M_A}{\pi} * \frac{N_S}{S_y} = (d_{pai})^3$$

$$d_{pai} = \sqrt[3]{\frac{32M_A}{\pi} * \frac{N_S}{S_y}} \quad (\text{Ec.88})$$

El momento total percibido en el empotramiento (M_A) se calcula a partir de sus dos componentes, los momentos de reacción M_{At} y M_{Ax} , con lo que se puede despejar el diámetro de paleta de la siguiente forma:

$$M_A = \sqrt{(M_{At})^2 + (M_{Ax})^2} \quad (\text{Ec.89})$$

$$M_A = 623 [N * m]$$

Reemplazamos este valor en la Ec.91 y queda entonces:

$$d_{pai} = \sqrt[3]{\frac{32(623 [N * m])}{\pi} * \frac{2.5}{276 * 10^6 [Pa]}}$$

$$d_{pai} = 0.03583 [m] \cong 40 [mm]$$

El diámetro obtenido es 0.03583 [mm] por lo que para tomar un eje normalizado procedemos a llevar este diámetro a 40 [mm].

7.5.5 Análisis del eje de paleta por fatiga. Al igual que en las paletas, los esfuerzos en los ejes de paletas oscilan entre un estado de carga máxima, cuando las respectivas paletas realizan mezclado, y un estado de carga nula, cuando las paletas no están en contacto con el cacao ver. Debido a que el sistema de mezclado está diseñado para girar en un solo sentido durante su operación, no hay manera de que la flexión se realice en sentido opuesto, por lo que no se encontrarán esfuerzos alternantes entre tensión y compresión en este eje, como

generalmente se presenta en ejes rotativos para recordar este tipo de comportamientos gráficamente ver Figura 35.

$$\sigma_{max\ ejs,pal} = \frac{32 * M_A}{\pi(d_{pal})^3} \quad (Ec.90)$$

$$\sigma_{min\ ejs,pal} = 0 \quad (Ec.91)$$

$$\tau_{max\ ejs,pal} = 0 \quad (Ec.92)$$

$$\tau_{min\ ejs,pal} = 0 \quad (Ec.93)$$

Ya que incluso bajo estado de carga, la flexión no produce esfuerzo cortante en el punto crítico, se puede concluir que los esfuerzos cortantes medio y alternante son nulos. En el caso de los esfuerzos normales, los esfuerzos medio y alternante se obtienen de la misma manera que en las paletas.

$$\sigma_{m\ ejs,pal} = \frac{\sigma_{max\ ejs,pal} + \sigma_{min\ ejs,pal}}{2} = \frac{16 * M_A}{\pi(d_{pal})^3} \quad (Ec.94)$$

$$\sigma_{a\ ejs,pal} = \frac{\sigma_{max\ ejs,pal} - \sigma_{min\ ejs,pal}}{2} = \frac{16 * M_A}{\pi(d_{pal})^3} \quad (Ec.95)$$

En el cálculo de los esfuerzos equivalentes de Von-Mises, se desprecia el efecto de los esfuerzos cortantes, resultando:

$$\begin{aligned} \sigma'_{m\ ejs,pal} &= \sigma_{m\ ejs,pal} & \sigma'_{a\ ejs,pal} &= \sigma_{a\ ejs,pal} \\ \sigma'_{m\ ejs,pal} &= \sigma'_{a\ ejs,pal} & &= \frac{16 * M_A}{\pi(d_{pal})^3} \end{aligned} \quad (Ec.96)$$

Ahora bien, para determinar el diámetro mínimo del eje para cumplir con el factor de seguridad por fatiga se necesita conocer con anterioridad la resistencia a la

fatiga de la pieza (S_e), por lo que se procede a determinar la resistencia del material a vida infinita (S_e') y los factores de corrección.

$$S_e' = 0.5 * S_{ut} \quad (\text{Ec.97})$$

Reemplazando obtenemos:

$$S_e' = 284 \text{ [MPa]}$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 0.897$$

$$k_f = 1$$

Al tratarse del mismo material que la paleta se puede deducir que la resistencia a vida infinita en este caso es la misma del diseño anterior. Igualmente, como se trata de la misma aplicación, la temperatura, la confiabilidad y los efectos adicionales influyen de la misma manera, resultando en los mismos factores k_d , k_e y k_f .

En cuanto al acabado superficial, los ejes de acero inoxidable de uso convencional pasan al final por un torneado que deja la superficie en una condición aceptable, razón por la cual este acabado entra en la categoría de mecanizado, por lo que usando los datos de la Tabla 5. Se calcula el factor k_a de la siguiente forma:

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{Ec.98})$$

Al reemplazar se tiene que:

$$k_a = 4.52 * 568^{-0.265}$$

$$k_a = 0.842$$

El factor de corrección por tamaño depende del diámetro del eje de paleta (d_{pal}), variando la relación si el diámetro es menor o mayor a 51 [mm] de la siguiente manera:

$$k_b = \begin{cases} (d_{pal}/7.62)^{-0.107} = 1.24d_{pal}^{-0.107}; & 2.79 \leq d_{pal} \leq 51 \text{ [mm]} \\ 1.51d_{pal}^{-0.157}; & 51 < d_{pal} \leq 254 \text{ [mm]} \end{cases}$$

Ya que el diámetro del eje todavía es desconocido, por el momento se hace la suposición de que el diámetro está por debajo de los 51 [mm], por lo que k_b queda expresado:

$$k_b = 1.24(d_{pal}[\text{mm}])^{-0.107}$$

$$k_b = 1.24(1000 * d_{pal}[\text{m}])^{-0.107}$$

$$k_b = 0.5934(d_{pal}[\text{m}])^{-0.107} \quad (\text{Ec.99})$$

En cuanto al tipo de carga, estos ejes están sometidos prácticamente a flexión pura por lo que el factor de corrección k_c se iguala a 1.

$$k_c = 1$$

Conociendo todos los factores se calcula la resistencia a la fatiga de los ejes de paletas (S_e), y finalmente se comparan los esfuerzos equivalentes con esta resistencia por medio del criterio de Soderberg Ec.78.

$$S_e = S'_e * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f$$

$$S_e = (284 \text{ [MPa]}) * 0.842 * 0.5934(d_{pal}[\text{m}])^{-0.107} * 0.897$$

$$S_e[\text{MPa}] = 127.289(d_{pal}[\text{m}])^{-0.107}$$

Finalmente S_e queda expresado en función de d_{pal} :

$$S_e [Pa] = (127.289 * 10^6) * (d_{pal} [m])^{-0.107}$$

El diseño a fatiga se realiza con un factor de seguridad de 2, por lo que la ecuación que relaciona los esfuerzos presentes en los ejes de paletas con las resistencias del material es:

$$\frac{\sigma'_{m_{pal}}}{S_y} + \frac{\sigma'_{a_{pal}}}{S_e} = \frac{1}{2} \quad (\text{Ec.100})$$

Al reemplazar los esfuerzos calculados se determina el parámetro de diseño de los ejes, el diámetro d_{pal} , de la siguiente forma:

$$\left(\frac{16 * M_A}{\pi (d_{pal})^3} \right) * \left(\frac{1}{S_y} + \frac{1}{S_e} \right) = \frac{1}{2} \quad (\text{Ec.101})$$

Procedemos a reemplazar los valores:

$$\left(\frac{16 * 623}{\pi (d_{pal} [m])^3} \right) * \left(\frac{1}{276 * 10^6} + \frac{1}{(127.289 * 10^6) * (d_{pal} [m])^{-0.107}} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\frac{3552.34}{(276 * 10^6) * (d_{pal} [m])^3} + \frac{3552.34}{(127.289 * 10^6) * (d_{pal} [m])^{2.893}} = \frac{1}{2}$$

$$d_{pal} = 0.03884 [m] \cong 40 [mm]$$

El diámetro obtenido es de aproximadamente 40 [mm], que se encuentra en el rango de diámetros inferiores a 51 [mm], por lo que se puede afirmar que no se presenta ningún problema con la suposición hecha en el cálculo del factor k_b , y de hecho este es el diámetro de diseño por análisis de fatiga.

Del análisis estático también se obtuvo un diámetro que se puede aproximar a 40 [mm], con lo que por ambos análisis se obtienen los factores de seguridad deseados con esta medida, así que los ejes de paleta tendrán el diámetro normalizado de 40 [mm].

7.6 ANÁLISIS DEL EJE MOTRIZ

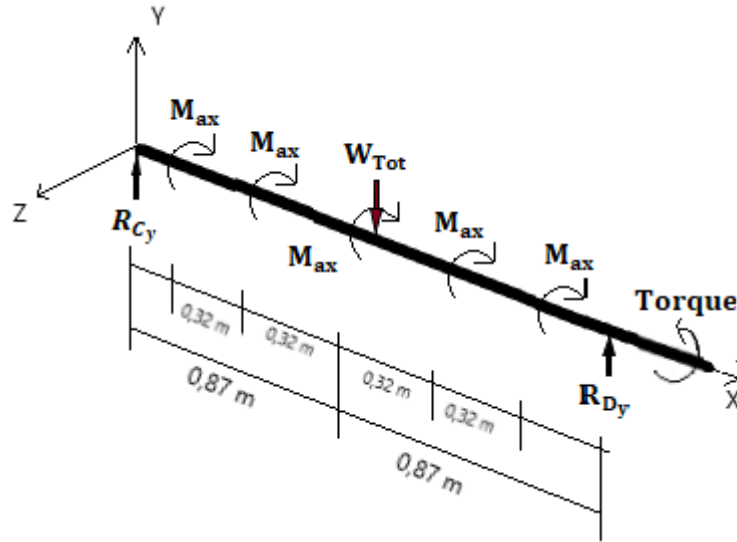
7.6.1 Factores de dimensionamiento para el eje motriz. El eje motriz es el responsable de transmitir el movimiento a las paletas y constituye una parte muy importante en nuestro diseño recordando que el sistema de paletas encargado de realizar el movimiento de las almendras de cacao para una mejor aireación y desmucilaginar. Este consta con un sistema de 5 ejes por lo que habrá cargas distribuidas en este, estas fuerzas se pueden apreciar en la Figura 43.

7.6.2 Análisis de carga para el eje motriz. Para esta sección deberemos tener en cuenta los diferentes factores de fuerza que se aplican en el eje, tales como las fuerzas de cada una de las paletas, los apoyos y la fuerza motriz ejercida por el moto-reductor. Hay que tener en cuenta que como las almendras solo llegan hasta una altura no mayor al semicilindro solo las paletas que están en contacto con el cacao ejercerán torsión sobre el eje motriz. Las fuerzas en el eje x son las que actuarán axialmente en el eje motriz y ya que las paletas tienen una inclinación opuesta estas fuerzas se anularán, esto sumado a que el movimiento de rotación deberá ser lento (las revoluciones se definirán en la sección 7.7) consideraremos de igual forma los efectos de vibraciones como despreciables.

Las fuerzas que ejercen torsión en el eje motriz son las que actúa en el plano “yz”.

Ver la siguiente figura en la cual apreciamos las fuerzas ejercidas sobre el eje.

Figura 40. Diagrama de cuerpo libre eje motriz



Fuente: Elaboración propia

7.6.3 Análisis estático del eje motriz. El análisis estático del eje se basa en determinar el efecto de los esfuerzos en cualquier parte de la pieza, para esto se requieren los diagramas de cortante y momento flector.

Haremos un análisis estático de sumatoria de fuerzas en el eje Y para encontrar las fuerzas que actúan en él.

Buscamos la reacción de la fuerza en el punto C en dirección del eje Y mediante sumatoria de momento en Z.

$$\Sigma M_z = 0$$

$$R_{Dy} = \frac{(W_{Tot} * 0.87)}{1.74} \quad (\text{Ec.102})$$

Por otro lado, la reacción en el punto D en el eje Y es

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Cy} = W_{Tot} - R_{Dy} \quad (\text{Ec.103})$$

El peso total que está apoyado sobre el eje es la correspondiente a la masa de las láminas de la máquina, la masa del eje mismo y la masa de cacao multiplicado por la gravedad, es importante recordar que las masas de la lámina intermedia y lamina inferior fueron calculados en la sección 7.3.6 por lo que ahora debemos calcular el valor de la lámina de la parte superior para posteriormente encontrar un peso de lámina W_{lam} y la masa del eje mismo para con ello encontrar el peso total de la máquina que es el que será soportado por el eje.

Para encontrar el peso de la lámina de la parte superior debemos encontrar su área y multiplicarla por el factor dado en el Cuadro 9 para lamina calibre 5/16" de la siguiente manera:

$$A_{sup} = 2 * (d_{rectp} * 0.77) + (l_{rectp} * d_{rectp} * 2) \quad (\text{Ec.104})$$

Remplazamos y tenemos que

$$A_{sup} = 8.755 [m^2]$$

Multiplicamos el área por el factor de masa en función del área para calibre 5/16" el cual es $62.323 \left[\frac{Kg}{m^2}\right]$ y tenemos como resultado que la masa de la lámina que se encuentra en la parte superior es igual a:

$$W_{lamsup} = 545.63 [kg]$$

Ahora debemos hallar el peso del eje mismo el cual lo sacamos de la multiplicación de la masa la cual podemos encontrar de la multiplicación entre el volumen y la densidad del acero inoxidable A304 la cual corresponde a $7850 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$ y

esto a su vez por la gravedad de la siguiente manera:

$$W_{ejepr} = \pi * r^2 * L_{eje} * 7850 * 9.8 [N] \quad (\text{Ec.105})$$

Sabiendo que el radio del eje corresponde a 50 [mm] y que la longitud del eje es de 1,74 [m] reemplazamos y tenemos que:

$$W_{ejepr} = 13078 [N]$$

Podemos hallar ahora entonces el peso total que debe soportar el eje sumando la masa de las láminas W_{lam} junto con la masa de cacao m de la siguiente manera:

$$W_{Tot} = (m + m_{lamina_{inter}} + m_{lamina_{infe}} + W_{lam}) * 9,8 [N] + W_{ejepr}$$

$$W_{Tot} = (1000 + 936) * 9,8 [N] + 13078 [N]$$

Por lo tanto

$$W_{Tot} = 32442 [N]$$

Reemplazamos el valor del peso en la Ec.102 y encontramos que:

$$R_{Dy} = R_{Cy} = 16221 [N]$$

Realizamos la sumatoria de momentos en el eje z que actúan en el eje motriz en el punto W:

$$\Sigma M_{w,z} = 0$$

$$M_{Wz} = R_{Cy} * 0.87 \tag{Ec.106}$$

Reemplazando obtenemos que:

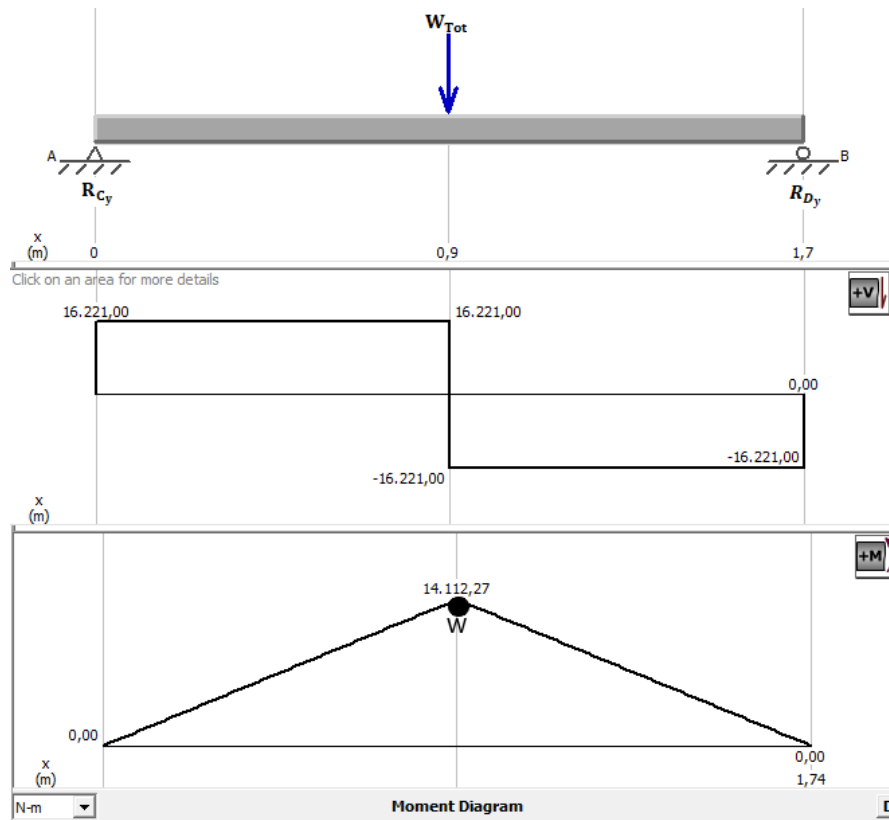
$$M_{Wz} = 14112 [N - m]$$

la magnitud del momento en el punto W queda definida entonces por la siguiente ecuación:

$$M_W = M_{Wz} \tag{Ec.107}$$

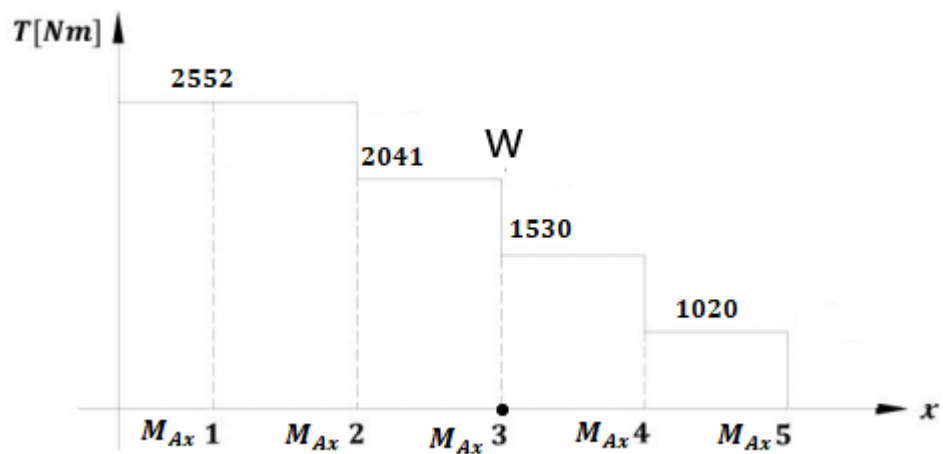
Ya conociendo las fuerzas y momentos de reacción se pueden realizar los diagramas de cortante, momento flector y momento torsor como se muestran en la Figura 41 y Figura 42 respectivamente. En los diagramas se puede notar los momentos flectores en el punto crítico, por lo que se usan estos valores para determinar el esfuerzo crítico.

Figura 41. Diagrama de fuerza cortante y momento flector eje motriz



Fuente: Elaboración propia

Figura 42. Diagrama momento torsor eje motriz



Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo a flexión se calcula mediante la ecuación Ec.108, que es para una sección transversal circular, donde $M_{max}=M_w$.

$$\sigma_{\max_{ejepr}} = \frac{32 * M_w}{\pi * (d_{ejepr}^3)} \quad (\text{Ec.108})$$

Reemplazando tenemos como resultado que:

$$\sigma_{\max_{ejepr}} = \frac{32 * 14112}{\pi * (d_{ejepr}^3)}$$

Teniendo el esfuerzo flector máximo procederemos a calcular el factor de seguridad estático mediante la siguiente ecuación:

$$N_{s_{ejepr}} = \frac{S_y}{\sigma_{\max_{ejepr}}} \quad (\text{Ec.109})$$

En la anterior relación se puede despejar factor de seguridad estático (N_s), aislando los dos últimos elementos de la igualdad, ya que se considera un Diámetro de eje de 100 mm aceptable para esta aplicación. Además, debido a que por la condición particular de trabajo se tiene la obligación de trabajar en todo el diseño con el acero inoxidable, se infiere que en esta pieza el esfuerzo de fluencia también es de 276 [MPa].

por el análisis de esfuerzos estáticos tenemos que para el diámetro seleccionado el factor de seguridad para el eje es:

$$\sigma_{\max_{ejepr}} = \frac{32 * 14112}{\pi * (0.1^3)}$$

$$\sigma_{\max_{ejepr}} = 82.8 \text{ [Mpa]}$$

Hallamos ahora el esfuerzo cortante máximo:

$$\tau_{\max_{ejepr}} = \frac{16 * \text{Torque}}{\pi * (d_{ejepr}^3)} \quad (\text{Ec.110})$$

Donde el Torque hace referencia al torque máximo que se presenta en el eje, el cual corresponde a cuando hay movimiento relativo entre el eje y el tanque que

contiene el cacao, existe otro torque que se ejerce cuando queremos voltear el tanque para vaciarlo el cual se analizara en la sección 8.9 Sabiendo que el torque máximo es cinco veces el esfuerzo axial presente en las paletas ya que son cinco paletas las que trabajan al tiempo, entonces:

$$\mathbf{Torque = 5 * M_{ax}} \quad (\text{Ec.111})$$

$$\mathbf{Torque = 5 * 510.3 [N - m]}$$

Esta multiplicación nos da como resultado que:

$$\mathbf{Torque = 2552 [N - m]}$$

Ahora procedemos a hallar el esfuerzo cortante máximo reemplazando en la Ec.109 de la siguiente manera:

$$\tau_{\max_{ejepr}} = \frac{16 * Torque}{\pi * (d_{ejepr}^3)}$$

Reemplazamos

$$\tau_{\max_{ejepr}} = \frac{16 * 2552}{\pi * (0.1^3)}$$

$$\tau_{\max_{ejepr}} = 12.55 [Mpa]$$

Teniendo el esfuerzo cortante y axial máximo podemos encontrar el esfuerzo equivalente utilizando la teoría de distorsión de la siguiente manera:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left((\sigma_{\max_{ejepr}}^2) + (3 * (\tau_{\max_{ejepr}}^2)) \right)} \quad (\text{Ec.112})$$

Reemplazamos y tenemos la siguiente expresión:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left((82.8^2) + (3 * (12.55^2)) \right)}$$

$$\sigma_{eq} = 85.6 [Mpa]$$

Reemplazamos en la Ec.108:

$$N_{sejepr} = \frac{276}{85.6}$$

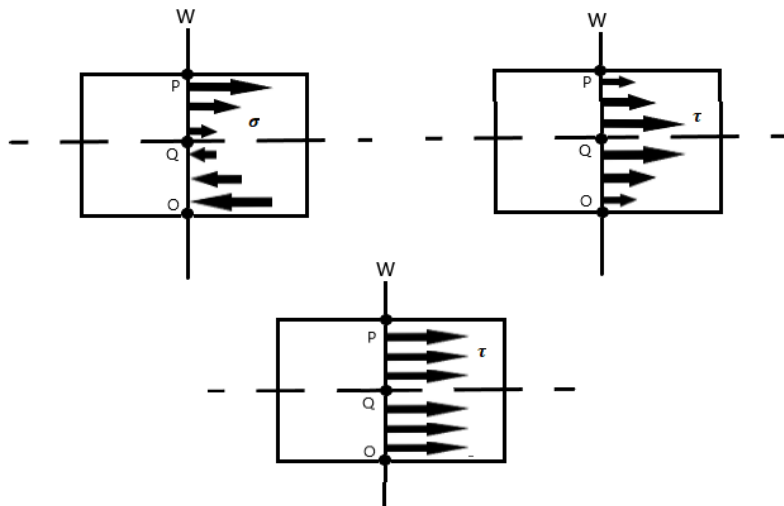
Por lo que finalmente el factor de seguridad estático para el eje motriz es:

$$N_{s_{ejepr}} = 3.22$$

Lo cual es un buen factor de seguridad mediante un análisis estático si se compara con lo que dice el autor Mott¹¹ en su libro de diseño de elementos de máquinas que para elementos bajo cargas estáticas este factor debe ser mayor a 1.25, de igual manera se procederá en la sección 7.6.5 a realizar el análisis por fatiga y se analizará el diámetro resultante para el eje principal.

7.6.4 Punto crítico del eje motriz. Debemos determinar la sección crítica en el eje motriz para ello se compara los esfuerzos que se producen debido a los momentos que se aplican que para nuestro caso es el valor del momento torsor y el momento por flexión, al compararlos se concluye que el punto W es el punto crítico. Analizando la Figura 41 y Figura 42, tenemos que la distribución de esfuerzos que actúan sobre el eje motriz es en su sección crítica (W).

Figura 43. Esfuerzos en sección W del eje motriz (sección crítica)



Fuente: Elaboración propia

7.6.5 análisis del eje motriz por fatiga. Para apreciar el comportamiento del eje principal se recomienda nuevamente ver Figura 35 Utilizaremos los resultados

para esfuerzo axial máximo y esfuerzo cortante máximo como en el análisis estático para un eje de diámetro 100 mm para obtener el factor de seguridad por fatiga:

Para el esfuerzo alternante se tiene que es el mismo esfuerzo máximo del eje principal por lo que la ecuación de igualdad es la siguiente:

$$\sigma_{a_{ejepr}} = \frac{\sigma_{\max_{ejepr}} - (-\sigma_{\max_{ejepr}})}{2} \quad (\text{Ec.113})$$

$$\sigma_{a_{ejepr}} = \sigma_{\max_{ejepr}}$$

$$\sigma_{a_{ejepr}} = 82.8 \text{ [Mpa]}$$

Por su parte el esfuerzo medio del eje principal es igual a cero por lo que:

$$\sigma_{m_{ejepr}} = \frac{\sigma_{\max_{ejepr}} + (-\sigma_{\max_{ejepr}})}{2} \quad (\text{Ec.114})$$

$$\sigma_{m_{ejepr}} = 0$$

Al igual que el esfuerzo medio el cortante alternante es cero

$$\tau_{a_{ejepr}} = 0 \quad (\text{Ec.115})$$

Esfuerzo cortante medio es el siguiente:

$$\tau_{m_{ejepr}} = \tau_{\max_{ejepr}} = 12.55 \text{ [Mpa]} \quad (\text{Ec.116})$$

No hay que olvidar que como se mencionó en el análisis estático para el eje debemos tener en cuenta que tenemos dos casos diferentes en los cuales se presenta torque en el eje.

El primero es cual el eje se encuentra trabajando en presencia de movimiento relativo entre el contenedor o tanque y el eje.

El segundo que es cuando vamos a realizar la descarga haciendo uso del eje y por lo tanto acoplamos el tanque al eje mediante un pasador suprimiendo de esta

manera el movimiento relativo entre el eje y el tanque posteriormente en la sección 7.9.2 se demostrara que este torque es menor. Por lo tanto, el torque para esta ecuación será el torque que se presenta cuando hay movimiento relativo entre el tanque y el eje, este será el que ingresamos en la ecuación como ya se realizó en el análisis estático.

Encontramos el esfuerzo Von-mises alternante mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\text{von}_2\text{ejepr}} = \sqrt{\left(\left(\sigma_{\text{ajepr}}^2 \right) + \left(3 * \left(\tau_{\text{ajepr}}^2 \right) \right) \right)} \quad (\text{Ec.117})$$

Reemplazamos y tenemos que

$$\sigma_{\text{von}_2\text{ejepr}} = 82.8 \text{ [Mpa]}$$

Encontramos el esfuerzo Von-mises medio atreves de la siguiente ecuación

$$\sigma_{\text{von}_\text{mejepr}} = \sqrt{\left(\left(\sigma_{\text{mejepr}}^2 \right) + \left(3 * \left(\tau_{\text{mejepr}}^2 \right) \right) \right)} \quad (\text{Ec.118})$$

Reemplazamos y tenemos que

$$\sigma_{\text{von}_\text{mejepr}} = 21.7 \text{ [Mpa]}$$

Ahora bien, para determinar el factor de seguridad que corresponde al diámetro de eje seleccionado por fatiga se necesita conocer con anterioridad la resistencia a la fatiga de la pieza (S_e), por lo que se procede a determinar la resistencia del material a vida infinita (S_{ee}) y los factores de corrección.

Donde

$$S_{ee} = 0.5 * S_{ut}$$

Sabiendo que el esfuerzo último del acero inoxidable A304 es

$$S_{ut} = 568 \text{ [Mpa]}$$

reemplazando obtenemos:

$$S_{ee} = 284 \text{ [MPa]}$$

Los factores de corrección que influyen en la resistencia a la fatiga son la condición superficial (k_a), el tamaño (k_b), el tipo de carga (k_c), la temperatura (k_d), la confiabilidad requerida por la pieza (k_e) y efectos varios como corrosión (k_f). La temperatura de operación es de aproximadamente 50°C, y sabiendo que la resistencia a la fatiga no disminuye considerablemente a más de 205°C (400°F), se puede despreciar el efecto de este factor, Al tratarse del mismo material que la paleta se puede deducir que la resistencia a vida infinita en este caso es la misma del diseño anterior. Igualmente, como se trata de la misma aplicación, la temperatura, la confiabilidad y los efectos adicionales influyen de la misma manera, resultando en los mismos factores k_d , k_e y k_f , por lo que al igual que en la sección 7.4.5:

$$k_d = 1$$

$$k_e = 0.897$$

$$k_f = 1$$

En cuanto al acabado superficial, los ejes de acero inoxidable de uso convencional pasan al final por un torneado que deja la superficie en una condición aceptable, razón por la cual este acabado entra en la categoría de mecanizado, por lo que usando los datos de la Tabla 5

Se calcula el factor k_a de la siguiente forma:

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{Ec.119})$$

Al reemplazar se tiene que:

$$k_a = 4.52 * 568^{-0.265}$$

$$k_a = 0.842$$

El factor de corrección por tamaño lo tomaremos del libro de shigley edición 8 la ecuación 6.20 encontrada en la página 280

$$K_{bbpr} = 1.189 * (d_{ejep} * 1000)^{-0.097} \quad (\text{Ec.120})$$

En cuanto al tipo de carga, estos ejes están sometidos prácticamente a flexión pura por lo que el factor de corrección k_c se iguala a 1.

$$k_c = 1$$

Conociendo todos los factores se calcula la resistencia a la fatiga de los ejes de paletas (S_e), por medio del criterio de Soderberg Haciendo uso de la ecuación 75. Plasmada en la sección 7.4.5 se busca el $S_{e_{ejep}}$.

$$S_{e_{ejep}} = S_{ee} * K_a * K_{bbpr} * K_c * K_d * K_e * K_f \quad (\text{Ec.121})$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$S_{e_{ejep}} = 285 * 0.842 * 1.189 * (0.1 * 1000)^{-0.097} * 0.897$$

$$S_{e_{ejep}} = 16.2 \text{ [Mpa]}$$

Es válido recordar que al igual que en análisis estático estamos tomando un eje de 100 [mm] con el cual averiguaremos si el factor de seguridad en este caso por fatiga da como resultado un valor deseable. La ecuación que relaciona los esfuerzos presentes en los ejes de paletas con las resistencias del material es:

$$\frac{\sigma_{\text{vonmejepr}}}{S_y} + \frac{\sigma_{\text{vonajepr}}}{S_{e_{ejep}}} = \frac{1}{N_{\text{fatiga}_{ejep}}} \quad (\text{Ec.122})$$

despejamos el factor de seguridad por fatiga de la Ec.125

$$N_{\text{fatiga}_{ejep}} = \frac{1}{\left(\frac{\sigma_{\text{vonajepr}}}{S_{e_{ejep}}}\right) + \left(\frac{\sigma_{\text{vonmejepr}}}{S_y}\right)}$$

$$N_{\text{fatiga}_{ejep}} = \frac{1}{\left(\frac{82.8}{16.2}\right) + \left(\frac{21.7}{276}\right)}$$

Teniendo en cuenta que el diámetro seleccionado es de 100 [mm] procedemos a calcular el factor de seguridad por fatiga el cual corresponde al siguiente valor:

$$N_{\text{fatiga}_{ejep}} = 1.7$$

El factor de seguridad para el diámetro seleccionado de 100 [mm] es 1.7, por lo que se puede afirmar que no se presenta ningún problema con la suposición hecha en el cálculo.

Del análisis estático también se obtuvo que el factor de seguridad estático da un resultado de 3.3 para un diámetro de 100 [mm], con lo que por ambos análisis se obtienen los factores de seguridad deseados con esta medida por lo cual podemos tener la seguridad de que en el comportamiento dinámico este eje no presentara problemas al trabajar bajo cargas repetitivas.

Debido a que se debe normalizar este diámetro se escoge entonces un eje de acero inoxidable AISI 304 de 4 pulgadas lo cual en milímetros se traduce a un diámetro de 101,60 [mm], como nota adicional se tiene que el siguiente diámetro normalizado corresponde a 4.5 pulgadas lo que se traduce en un diámetro de 114.3 [mm]

7.7 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR

7.7.1 Factores para la selección del motorreductor. Debemos determinar la potencia del eje que se hace necesaria para mover el eje motriz en esta sección nos concentraremos en su cálculo para lo cual nos apoyaremos en cálculos encontrados en la literatura.

La potencia nace de una relación directa entre la velocidad y el torque que requiere un equipo, debido a que para nuestro caso de estudio las fuerzas en el eje x se suprimen entre sí, por la inclinación que tienen las paletas, las fuerzas que intervienen para el cálculo de la potencia son las que actúan en el eje z.

7.7.2 Calculo de la potencia requerida. Utilizaremos la ecuación del libro de Shigley 2008 pag 100 ecuación 3-42.

$$HP_0 = \frac{T_{eje} * n_{eje}}{63025} \quad (\text{Ec.123})$$

Dónde:

- **HP₀**: Potencia requerida del motor en [Hp].
- **Torque**: Torque requerido en [lbf.in] para mover las 10 paletas del sistema de mezclado.
- **n_{eje}**: Velocidad angular del eje motriz, en [rpm]. La velocidad angular del eje motriz

$$n_{eje} = 7$$

Vamos a calcular el valor del torque requerido, como se dijo en la sección de análisis estático del eje motriz según la Ec.110 este torque corresponde a:

$$\text{Torque} = 5 * M_{ax}$$

Donde el **M_{ax}** es el momento producido por las fuerzas que actúan en el eje "z" del eje de la paleta

$$T_{eje} = 2552 \text{ [N - m]} = 22584 \text{ [lbf - in]}$$

Solucionando el sistema de ecuaciones reemplazando en la Ec.122 tenemos que necesitamos un motor con una potencia de:

$$HP_0 = \frac{22584 * 7}{63025}$$

Por lo tanto, al resolver la operación obtenemos que:

$$HP_0 = 2.58 \text{ [Hp]}$$

7.7.3 Selección final. Se procede a buscar un catálogo en el cual encontremos un motor que cumpla con los requerimientos señalados en las anteriores ecuaciones del numeral 7.7.2. Basándonos en los caballos de fuerza mínimos requeridos podemos decir que el motor que se adecua a este requerimiento es el motorreductor Siemens de referencia: 2KJ3513-1FP23-9AH2-

Z_B15+C75+D21+K01+K06+L02+L75+M65+N2C+P80. El cual funciona a 3 [Kw] lo que son 4 [Hp] y a 7.2 [rpm] lo cual para nuestro diseño es más que aceptable, viene incorporado con un freno de disco para auto bloquearse cuando es apagado, tiene la función de cambiar su polaridad y con ello su sentido de giro y finalmente trae incorporado una caja borne la cual en su interior tiene el sistema de control de encendido/apagado y sentido de giro. Podemos apreciar en la figura 44 el motorreductor.

Figura 44. Motorreductor siemens



Fuente: SIEMENS. [En línea]. Disponible en:
<https://www.siemens.com/global/en.html>

Para ver los detalles exactos de dimensiones y especificaciones del motorreductor siemens ver Anexo C.

Es valido aclarar que el motorreductor debe transferir su rotacion y torque de salida al eje principal el cual corresponde a 3.115 [N-m] por lo que debemos unir estos dos elementos, esta union la realizaremos mediante un acople el cual debemos seleccionar.

Para nuestro caso de estudio decidimos que el acople mas adecuado para que cumpla con los requerimientos de torque y diametros es el acople denflex serie FLF tamaño 115 el cual tiene un diametro de eje de 87 mm y soporta un torque maximo de 5.500 [N-m] por lo que cumple con las expectativas del torque que debe aguantar, por otro lado, debido a que el diametro del acople es para ejes de

87 mm se hace necesario eventualmente reducir el diametro del eje motriz y del eje de salida del motorreductor hasta este diametro, las especificaciones las encontramos en el Anexo D.

7.8 SELECCIÓN DE CHUMACERAS PARA EL SOPORTE DEL EJE MOTRIZ

los rodamientos son una de las piezas de maquinaria más utilizadas, ya que su movimiento giratorio facilita todos los movimientos y además ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles.

Los rodamientos tienen dos funciones principales: Transfieren el movimiento, es decir, apoyan y guían componentes que giran entre sí y Transmiten fuerzas.

Por otro lado, los rodamientos se encuentran clasificados en dos grupos los cuales son:

- Rodamientos radiales
- Rodamientos axiales

Los diferentes factores para las selecciones de los rodamientos son la vida útil que este va a tener representada en ciclos de vida, la carga nominal que esta sobre los rodamientos, las revoluciones por minuto o velocidad angular de trabajo y el diámetro del eje para el que se está seleccionando.

La ecuación que rige la vida nominal para selección de rodamientos SKF es la siguiente:

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 * n_{eje}} \right) * \left(\left(\frac{C}{P} \right)^n \right) \quad (\text{Ec.124})$$

Donde:

- L_{10h} es la vida estimada en millones de revoluciones
- n_{eje} son las revoluciones a las que el eje va a girar

- C es la capacidad de carga dinámica
- P es la carga equivalente sobre el rodamiento
- n es una constante que para rodamientos de bolas toma el valor de 3

La carga nominal para el eje que seleccionaremos será radial debido a que las cargas axiales dadas por las paletas se compensan entre ellas las ignoraremos simplificando de esta manera los cálculos de igual manera de manera conservativa la selección posterior de rodamiento será específicamente de un rodamiento de rodillos toroidales el cual está capacitado para cargas combinadas en caso tal de que en algún momento se presente una de estas, sin embargo, las fuerzas resultantes para los rodamientos para nuestro caso de estudio se consiguen sumando el peso total de la maquina junto con el peso de cacao y el peso del eje mismo todo esto dividido en dos ya que son dos chumaceras de piso las que se encuentran soportando todo este peso de la siguiente manera:

$$F_{Rc} = R_{Cy} = R_{Dy} = 16221[N] \quad (\text{Ec.125})$$

Debemos encontrar las cargas equivalentes sobre los rodamientos y Para transformar las cargas de la unidad newton a kilo newton procedemos a dividir las cargas radiales presentadas en los puntos C y D en 1000 de la siguiente manera:

$$P_D = P_C = \frac{F_{Rc}}{1000} \quad (\text{Ec.126})$$

Solucionamos y tenemos entonces que:

$$P_D = P_C = 16,221[KN]$$

Según las recomendaciones de SKF la vida nominal para máquinas de trabajo continuo de 24 horas el valor que este debe tener es el siguiente:

$$L_{10h} = 40000$$

Volviendo a la ecuación que rige la vida nominal para selección de rodamientos SKF se tiene entonces la siguiente expresión para cada uno de los rodamientos de apoyo reemplazamos entonces en la Ec.123:

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 * n_{eje}} \right) * \left(\left(\frac{C_C}{P_C} \right)^3 \right)$$

$$40000 = \left(\frac{10^6}{60 * 6} \right) * \left(\left(\frac{C_C}{16221} \right)^3 \right)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 * n_{eje}} \right) * \left(\left(\frac{C_D}{P_D} \right)^3 \right)$$

$$40000 = \left(\frac{10^6}{60 * 6} \right) * \left(\left(\frac{C_D}{16221} \right)^3 \right)$$

C_C y C_D son las cargas dinámicas del rodamiento en el punto C y D respectivamente, es lo que hallamos y con eso vamos a la tabla a seleccionar la chumacera.

Al realizar la operación matemática tenemos como resultado que la carga dinámica del rodamiento en estos puntos es:

$$C_C = C_D = 50,06 [KN] \quad C_C = C_D = 28.39 [KN]$$

Sabiendo que el diámetro requerido es de 101,6 [mm] se procede a buscar en catálogos una chumacera que cumpla con estos requerimientos. Finalmente encontramos en el catálogo de chumaceras de SKF la chumacera SNL 522-619 + 22222 K + HE 322 la cual viene equipada con rodamiento de rodillos toroidales de referencia C 2222 K.

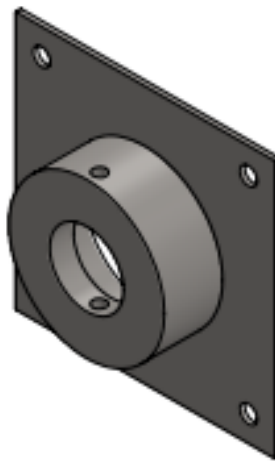
Las especificaciones de este rodamiento las podremos encontrar en el Anexo E.

7.9 DISEÑO DEL SISTEMA DE VOLTEO PARA LA DESCARGA

El sistema de volteo será a través de movimiento rotacional acoplado el tambor de la maquina al eje para que no haya movimiento relativo entre estos dos componentes, esto se lograra mediante una camisa sobre el eje motriz (a cada

lado de este) con forma de chumacera de pared o brida la cual se encontrara acoplada tanto al eje como a las dos paredes laterales del tambor mediante pasadores. Es necesario también incorporar un rodamiento en la camisa de tal manera que cuando el eje tenga movimiento relativo con el tanque no se presente desgaste por el rozamiento entre las superficies. Para apreciar este sistema planteado ver la figura 45.

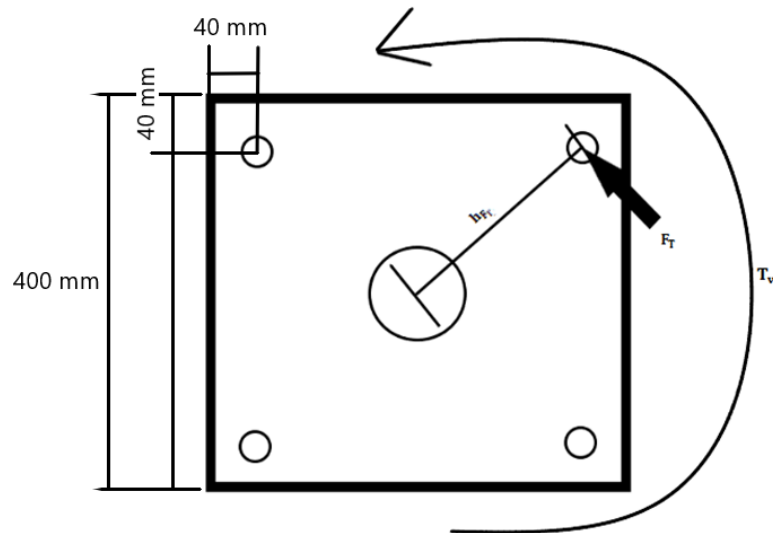
Figura 45. Sistema de volteo (Brida)



Fuente: Elaboración propia

7.9.1 Análisis de cargas presentes para el volteo. Para el sistema de volteo lo primer que debemos hallar es el torque que debe resistir el eje, la camisa y los pasadores los cuales son las partes que constituyen este sistema para ello necesitamos encontrar las fuerzas y los puntos donde estas están actuando.

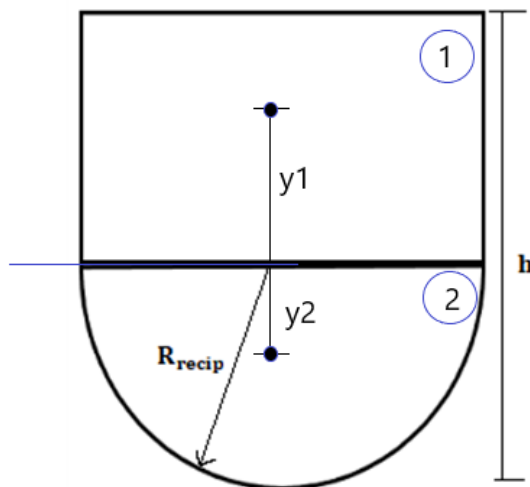
Figura 46. Análisis de cargas sistema de volteo DCL



Fuente: Elaboración propia

Debemos buscar primero los centroides de las dos secciones de la máquina, para ello apreciamos el esquema en la Figura 47.

Figura 47. Centroide maquina



Fuente: Elaboración propia

En la anterior figura podemos apreciar que para facilidad de cálculos dividimos la maquina en dos subpartes y la resumimos en un rectángulo y un semicírculo y entonces procedemos a encontrar el centroide de estas dos partes los cuales están a una distancia Y1 y Y2 para Y1.

Tomamos una sección rectangular por lo cual esta distancia se encontrará en la mitad de esta sección, tomando como referencia la línea horizontal de color azul de la figura anterior por lo que:

$$y_1 = 0,36[m]$$

para la sección 2 para simplificar los cálculos tomaremos un semicírculo por lo que eventualmente buscaremos el centroide de un semicírculo con la siguiente ecuación:

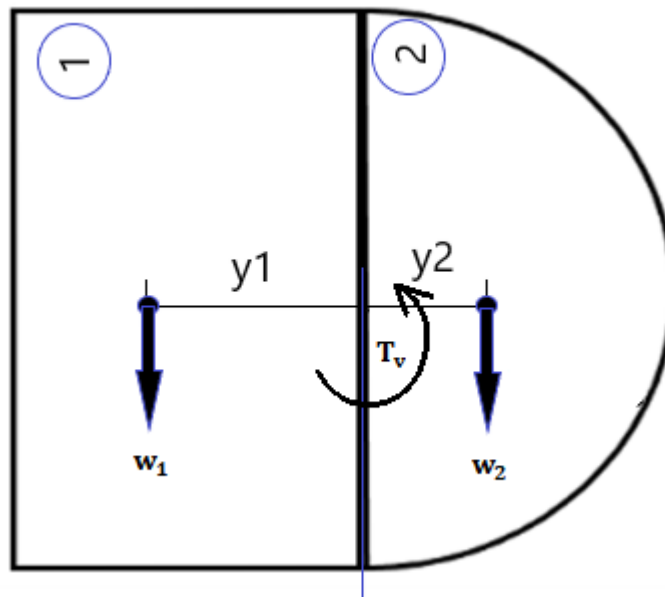
$$y_2 = \frac{4R_{recip}}{3 * \pi} \quad (\text{Ec.127})$$

Reemplazamos y tenemos que:

$$y_2 = 0,305[m]$$

Procedemos a encontrar el momento que debe producirse para voltear el recipiente, para esto debemos tener en cuenta que el máximo momento se presenta cuando el tanque se encuentra horizontal ya que en este instante las distancias desde el eje al punto donde el peso ejerce momento es exactamente ortogonal, hay que tener en cuenta que el peso de la sección 1 es el correspondiente al peso de la lámina que está en esta parte y el peso de la sección 2 es el correspondiente a la suma entre el peso del cacao y la lámina de acero que se encuentra allí. Para resumir los cálculos se asume que todo el tanque junto con el cacao gira como un cuerpo rígido, entonces procedemos a hacer un diagrama de cuerpo libre donde se puede apreciar este análisis.

Figura 48. Diagrama de cuerpo libre del tambor



Fuente: Elaboración propia

7.9.2 Análisis estático del sistema de volteo. Realizamos entonces la sumatoria de momentos para encontrar el torque máximo que se debe ejercer:

$$\Sigma M_z = 0$$

$$T_v = (w_2 * y_2) - (w_1 * y_1) \quad (\text{Ec.128})$$

Calculamos w_2 y w_1

$$w_2 = (w_{infT} + m) * 9.8 \quad (\text{Ec.129})$$

$$w_2 = (413 + 1000) * 9.8 [N]$$

Buscamos ahora w_1 que es la multiplicación de la masa de las láminas que están en la parte superior del tanque por la gravedad

$$w_1 = w_{sup} * 9.8 [N] \quad (\text{Ec.130})$$

$$w_1 = 545 * 9.8 [N] = 5341 [N]$$

Reemplazamos en la Ec.128 y tenemos que:

$$T_v = 2300,69 \text{ [N - m]}$$

Para nuestro calculo tomaremos que los huecos externos de nuestra camisa en la parte que conecta a la pared lateral de la maquina tiene una distancia entre centros de 0.40 [m] por lo que podemos hallar la fuerza que ejerce este torque sabiendo que es un cuadrado entonces la distancia del brazo será la hipotenusa de un triángulo rectángulo el cual sus catetos son 0.32 [m] y 0.32 [m]

Lo cual nos da un resultado tal como:

$$h_{F_T} = 0.4525 \text{ [m]}$$

Encontramos entonces que la fuerza de torque es el torque de volteo T_v dividido entre el brazo perpendicular a este h_{F_T}

$$F_T = \frac{T_v}{h_{F_T}} \quad (\text{Ec.131})$$

Por lo tanto, si reemplazamos tenemos que

$$F_T = \frac{2300.69 \text{ [N - m]}}{0.4525 \text{ [m]}}$$

$$F_T = 5.084 \text{ [KN]}$$

Procederemos a buscar el espesor que debe tener la camisa para que resista el esfuerzo a torsión que se ejerce en ella.

$$\tau_{\max_{lam}} = \frac{T_v}{J_{C_{lam}}} \quad (\text{Ec.132})$$

Teniendo en cuenta que esta camisa se encuentra en ambos lados del eje, que cada sección cuenta con 4 pasadores el torque debe ser dividido entonces entre 8, por otro lado, se tiene en cuenta que el módulo de sección crítica para una sección rectangular es la siguiente:

$$J_{C_{lam}} = \frac{h_{lam} * e^2}{3} \quad (\text{Ec.133})$$

Reemplazamos y tenemos que:

$$\tau_{\max_{lam}} = \frac{3 * 2300.69}{0.4 * e^2 * 8}$$

Como tenemos una ecuación con dos incógnitas debemos usar otra ecuación que nos ayude a solucionar este sistema por lo que usamos el concepto de factor de seguridad estático de la siguiente manera:

$$N_{s_{lam}} = \frac{S_y}{\tau_{\max_{lam}}} \quad (\text{Ec.134})$$

Debido a que la lámina es de acero inoxidable tenemos que él $S_y = 276E^6$ y tomando un factor de seguridad estático con valor de 2 solucionamos el sistema de ecuaciones y obtenemos que:

$$e = 0.0039 [m]$$

Debido a que el sistema de volteo será usado cada 8 días se decide despreciar el análisis dinámico del sistema de volteo y se tomara como un factor de seguridad el espesor final el cual decidimos elevar al espesor de la lámina de la pared del tanque el cual corresponde a 0.00794 [m] siendo este el doble del espesor que dio como resultado en el análisis estático por lo cual la selección final queda:

$$e = 0.00794 [m]$$

Es válido recordar que debido a que en la sección de la camisa que se encuentra paralela al eje hay que incluir un rodamiento el cual permitirá el movimiento relativo entre eje y camisa por lo que el espesor en esta área será mayor que el de la lámina que va perpendicular al eje por lo que sabremos que no hará ningún problema por fatiga en esta sección.

En cuanto al rodamiento se hará uso del mismo rodamiento que se seleccionó junto con la chumacera de piso en la sección 7.8 el cual es rodamiento de rodillos toroidales de referencia C 2222 K para el cual por efectos de simplicidad se usa como criterio de carga límite de fatiga el valor hallado en la sección 7.8. este tipo de rodamiento es seleccionado de manera conservativa ya que nos presta

servicios de resistencia a cargas radiales, axiales y eventual presencia de vibraciones. para apreciar sus dimensiones y hoja de datos ver el Anexo F.

7.9.3 Análisis de los pasadores en la pared lateral de la máquina. Los pasadores o pernos son otro elemento que está presente en la camisa y están sujetos a un esfuerzo cortante por lo cual debemos analizarlos empezando por los pasadores que van en la pared y luego por el que atraviesa el eje.

7.9.3.1 Análisis pasadores ubicados en la pared. Estos pasadores debemos encontrarles el diámetro de tal manera que resistan por lo cual realizaremos análisis estático para eventualmente analizar los resultados.

Debemos tener en cuenta que estos pasadores estarán soportando carga cortante pura por lo cual serán analizados como unión con perno en cortante para lo cual analizaremos las diferentes causas de falla que pueden presentar, para ello tomaremos como valor de referencia el factor de seguridad resultante quien será el que nos dirá si la selección hecha cumple con el requerimiento.

Para nuestro caso de estudio seleccionaremos el mismo perno que se escogió en la sección 7.3 del cual los datos que utilizaremos son:

$$s_{p_p} = 225E6 [pa]$$

$$s_{y_p} = 240E6 [pa]$$

$$d_r = 0,02 [m]$$

También es necesario tener claro que la fuerza cortante aplicada en cada perno será la fuerza F_T dividida entre el número de pernos que para nuestro caso son 8:

$$F_c = \frac{F_T}{8} \quad (\text{Ec.135})$$

Reemplazando tenemos que:

$$F_c = 635 \text{ [N]}$$

- Falla por flexión del perno de los elementos pernados:

para encontrar esta posible falla es necesario encontrar el esfuerzo a flexión

$$\sigma_{pf} = \frac{M_{pf}}{i_{c_{pf}}} \quad (\text{Ec.136})$$

El momento flexionante es aproximadamente:

$$M_{pf} = (F_c * (2 * e)) \quad (\text{Ec.137})$$

Reemplazamos y tenemos que:

$$M_{pf} = (635 * (2 * 0,00794))$$

$$M_{pf} = 10,06 \text{ (N - m)}$$

Donde $i_{c_{pf}}$ es el módulo de sección del elemento más débil que para nuestro caso es el del perno por lo que sabiendo que es una sección circular lo calculamos de la siguiente manera:

$$i_{c_{pf}} = \frac{32}{\pi * (d_r^3)} \quad (\text{Ec.138})$$

Reemplazamos y obtenemos que:

$$i_{c_{pf}} = 1.273E^6 \text{ [m}^3\text{]}$$

Reemplazando encontramos que el esfuerzo da un resultado de:

$$\sigma_{pf} = \frac{10,06}{1.273E^6}$$

$$\sigma_{pf} = 0.000007926 \text{ [Pa]}$$

Por lo que podemos analizar que el esfuerzo generado es despreciable y que por flexión no fallará. Sin embargo, procederemos a halla el factor de seguridad:

$$\sigma_{pf} = \frac{S_{yp}}{N_{pf}} \quad (\text{Ec.139})$$

Reemplazamos y obtenemos que el factor de seguridad es:

$$N_{pf} = 3.7E^{13}$$

Por lo que como previamente se analizó la falla por flexión es improbable que se presente.

- Falla por aplastamiento del perno de los elementos pernados

El cálculo de este esfuerzo, que por lo general se llama esfuerzo de aplastamiento, resulta complicado debido a la distribución de la carga en la superficie cilíndrica del perno. Los valores exactos de las fuerzas que actúan en el perno se desconocen, y por lo tanto se puede suponer que las componentes de las fuerzas están distribuidas de manera uniforme sobre el área de contacto proyectada del perno. Lo anterior significa que el esfuerzo lo hallamos de la siguiente manera:

$$\sigma_{pa} = \frac{F_c}{A_{np}} \quad (\text{Ec.140})$$

donde el área proyectada de un perno individual es A_{np} . Aquí, t es el espesor de la placa más delgada que para nuestro caso como las dos placas iguales $t=e$ y d es el diámetro del perno ósea d_r .

$$A_{np} = e * d_r = 0.0001588[m^2] \quad (\text{Ec.141})$$

Reemplazamos y tenemos que:

$$\sigma_{pa} = 3.2E^6 [Pa]$$

Buscamos ahora el factor de seguridad resultante por aplastamiento

$$\sigma_{pa} = \frac{S_{yp}}{N_{pa}} \quad (\text{Ec.142})$$

Reemplazando tenemos que:

$$N_{pa} = 74$$

Podemos entonces inferir que por aplastamiento tampoco se presentara falla.

- Falla por cortante puto del perno de los elementos pernados

el esfuerzo en el perno es:

$$\tau_{pc} = \frac{F_c}{A_{pc}} \quad (\text{Ec.143})$$

donde A es el área de la sección transversal del perno.

$$A_{pc} = \frac{\pi * D_r^2}{4} \quad (\text{Ec.144})$$

Reemplazando tenemos que: $A_{pc} = 0.0003142 \text{ [m}^2\text{]}$

Teniendo A_{pc} y F_c procedemos a encontrar el esfuerzo cortante reemplazando y obtenemos que:

$$\tau_{pc} = 1.61E^6 \text{ [Pa]}$$

Procedemos a encontrar el factor de seguridad por cortante:

$$\tau_{pc} = \frac{S_{pp}}{N_{pc}} \quad (\text{Ec.145})$$

Reemplazando tenemos que: el factor de seguridad toma un valor de $N_{pc} = 139$

$$N_{pc} = 139$$

- Análisis por cortante del borde

El cortante del borde, o desgarramiento, del margen en la práctica estructural se evita la falla espaciando los pernos al menos 1.5 diámetros desde el borde. Por lo general, las conexiones con pernos se espacian una distancia aún mayor, para

tener una apariencia satisfactoria; de aquí que este tipo de falla se desprece con frecuencia.

Debido a la proporcionalidad de nuestro diseño se dejará los orificios de los pernos a 1.5 veces el diámetro de distancia del borde. Por lo que la distancia entre el borde y el centro del orificio del perno será 40 [mm].

De los resultados anteriores podemos analizar que la selección del perno es más que suficiente por practicidad en el diseño se dejara seleccionado este perno (el mismo seleccionado en la sección 8.3) para que la maquina cuente con los mismos dimensionamientos en cuanto a uniones pernadas y a la hora de realizarle mantenimiento esta sea haga lo más practico posible.

no se realizará un análisis dinámico puesto de fatiga puesto que el proceso de volteo se asume como cuasi estático debido a la periodicidad del evento y la velocidad a la que se realiza.

De los resultados anteriores podemos analizar que la selección del perno es más que suficiente por practicidad en el diseño se dejara seleccionado este perno (el mismo seleccionado en la sección 7.3) para que la maquina cuente con los mismos dimensionamientos en cuanto a uniones pernadas y a la hora de realizarle mantenimiento esta sea haga lo más practico posible.

no se realizará un análisis dinámico puesto de fatiga puesto que el proceso de volteo se asume como cuasi estático debido a la periodicidad del evento y la velocidad a la que se realiza.

7.9.3.2 Análisis del pasador que atraviesa el eje. Para este análisis solo se tomare en cuenta la falla que se pueda presentar por cortante puro, esto debido a que como se analizó en la sección 7.9.3.1 esta es la falla critica para nuestro caso

de estudio. También se debe tener en cuenta que como en la sección inmediatamente anterior se selecciona para el caso de estudio el perno/tornillo escogido en la sección 7.3.

Teniendo en cuenta que contamos con dos pasadores uno a cada lado de la máquina y sabiendo que la camisa se comporta como un cuerpo rígido calculamos la fuerza cortante que se le aplica a este pasador como la fuerza ejercida por el torque para voltear la maquina dividida entre dos de la siguiente manera:

$$F_{c_c} = \frac{F_t}{2} \quad (\text{Ec.146})$$

Por lo que:

$$F_{c_c} = 2542 \text{ [N]}$$

El esfuerzo cortante en el perno es:

$$\tau_{camisa} = \frac{F_{c_c}}{A_{pc}} \quad (\text{Ec.147})$$

De la sección inmediatamente anterior sabemos que $A_{pc} = 0.0003142 \text{ [m}^2\text{]}$

Teniendo A_{pc} y F_c procedemos a encontrar el esfuerzo cortante reemplazando y obtenemos que:

$$\tau_{camisa} = 8,09E^6 \text{ [Pa]}$$

Procedemos a encontrar el factor de seguridad por cortante:

$$\tau_{camisa} = \frac{S_{pp}}{N_{pasador}} \quad (\text{Ec.148})$$

Reemplazamos:

$$8,09E^6 = \frac{225E^6}{N_{pasador}}$$

Obtenemos entonces que el factor de seguridad por cortante toma un valor de:

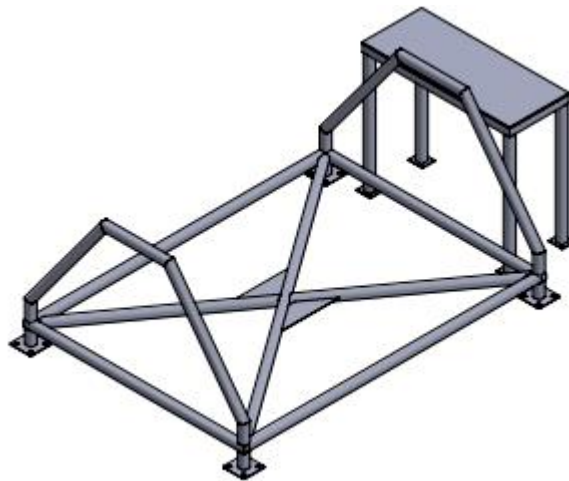
$$N_{pasador} = 27,81$$

Por lo cual podemos concluir que tampoco se presentara ningún problema con la selección de este perno.

7.10 DISPOSICIÓN DEL BASTIDOR

Para la disposición del bastidor se hace uso de la herramienta CAD SolidWorks en la cual se ha diseñado y posteriormente simulado las cargas que este debe soportar, el esquema de la estructura se presenta a continuación:

Figura 49. Fuerza resultante actuando sobre el recipiente



Fuente: Elaboración propia

para la construcción del bastidor se usan tubos estructurales rectangulares de acero inoxidable de 2"x2" y espesor $\frac{1}{4}$ ".

es válido recordar que las fuerzas que este bastidor estará soportando son las que trasmite el eje motriz a través de las chumaceras previamente seleccionadas en la sección 7.8 el valor de esta fuerza será el peso total, es decir el peso del cacao más el de la maquina distribuida a lo largo del eje motriz por lo que:

$$W_b = \frac{W_{tot}}{1,6 + (2 * 0,095)} \quad (\text{Ec.149})$$

El análisis se fijará en la sección que soporta las chumaceras y en los laterales donde se sujeta esta sección tubular.

La medida del bastidor se puede apreciar en los planos correspondientes ver Anexo B. Los resultados de la simulación se pueden observar en la sección 9.

7.11 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE SUB-EQUIPOS ADICIONALES

Es importante saber que hay sub-equipos que deben ser anexados, en esta sección nos dispondremos a indicar la ubicación y el componente que debe ir en dicho sitio, estos equipos son importantes que se anexasen a la máquina para su eventual correcto funcionamiento.

7.11.1 Termocuplas de pared. Para nuestra maquina se hace necesario instalar dos termocuplas de pared con la finalidad de monitorear la temperatura del cacao y su variación en el tiempo, todos los procesos industriales modernos en algún punto de la cadena de producción se benefician de la medición y el control de la temperatura y para nuestro caso en la cadena de producción de chocolatería la fase de fermentación es la que necesita monitoreo de la temperatura.

Las termocuplas pueden tener las más variadas formas y dimensiones según su uso, podemos apreciar diferentes tipos de termocuplas en la siguiente figura:

Figura 50. Termocuplas



Fuente: Alutal. [En línea]. Disponible en: <https://www.alutal.com.br/es/termopar>

Para nuestro caso posicionaremos dos termocuplas en las paredes laterales (una a cada lado) del tanque realizando dos orificios en los cuales irán respectivamente cada una de estas termocuplas el posicionamiento en la máquina de estas termocuplas se puede apreciar en la siguiente Figura:

Figura 51. Posicionamiento de termocupla



Fuente: Elaboración propia

La termocupla seleccionada para nuestra maquina es una termocupla tipo K la cual es para uso industrial y funciona para temperaturas entre -100 a 1250 [°c] podremos apreciar sus especificaciones en el Anexo G. debemos aclarar que esta termocupla debe estar integrada con un sistema de transducción de datos para eventualmente ser llevados a un computador y ser procesados.

7.11.2 Polipasto/Diferencial. Es necesario adquirir un polipasto con el fin de que cuando se haga necesario desensamblar las partes de la maquina pueda ser bajada cada una de ellas, esto, debido al peso que tienen.

Junto con el polipasto se debe adquirir una cuerda (para disminuir el desgaste por contacto de materiales) que abrazara las partes del contenedor pasando las guías que se encuentran exterior en la sección de la junta y por debajo de las partes a bajar (abrazando).

El polipasto seleccionado es el Truper modelo 16824 las especificaciones de este se encuentran en el Anexo H.

8. ANÁLISIS ECONÓMICO

El objetivo del análisis económico de nuestro proyecto es determinar la suma económica que se requiere para que el proyecto sea posteriormente materializado.

8.1 COSTO DE ADQUISICIÓN

Para el costo de adquisición se debe tener en cuenta los costos de la materia prima tal como laminas, el tubo de acero para el eje, tubo de estructural para el bastidor, etcétera.

Tendremos también los costos de los componentes como rodamientos, chumaceras, motorreductor, etcétera. Finalmente se tendrá en cuenta los costos de la mano de obra empleada.

Realizaremos la cotización en diferentes proveedores de los cuales analizaremos los costos de los servicios prestados y seleccionaremos eventualmente los precios más económicos con el fin de que la maquina salga lo más económica posible. Estas cotizaciones se podrán apreciar en el Anexo I.

En los siguientes cuadros podremos apreciar las selecciones y el monto total de los costos para la adquisición.

En primer lugar, el costo de los sub-equipos que podremos ver en el siguiente cuadro

Cuadro 10. Costo de sub-equipos

COSTO DE SUB-EQUIPO/ELEMENTO			
NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (COP)	PRECIO TOTAL (COP)
MOTORREDUCTOR	1	34'421.898	34'421.898
TORNILLOS, ARANDELAS Y TUERCA	42	9.500	399.000
CHUMACERA DE PISO	2	3'700.000	7'400.000
RODAMIENTOS	2	2'240.068	4'480.136
ACOPLE	1	270.300	270.300
POLIPASTO	1	376.900	376.900
TERMOCUPLA	2	43.700	87.400
TOTAL	-	-	47'435.634

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado tenemos el costo para construir y ensamblar las partes de la maquina para lo cual acudimos en la ciudad de Barrancabermeja, santander a la empresa dedicada a la metalmeccanica de nombre Mecanicas Del Magdalena Medio quienes cuentan con 15 años de experiencia en el sector de la manufactura por lo cual cuentan con todos los contactos de proveedores tanto de materiales como de sub-equipos y en la que encontramos el precio mas bajo y justo para la eventual materializacion del equipo y sub-equipos tales como rodamiento, echumacera y acople.. Este costo se puede apreciar en el siguiente cuadro

Cuadro 11. Costo de construcción

COSTO DE ENSAMBLE Y CONSTRUCCIÓN	
TOTAL	17'458.575

Fuente: Elaboración propia

Es valido aclarar que como sustento a estos costos se pueden apreciar el Anexo I en el cual podremos ver las diferentes consultas realizadas.

Tendremos entonces un costo total para la adquisicion de la maquina que es resultado del total del Cuadro 10 y Cuadro 11 respectivamente por lo que

entonces la suma de estos totales nos da como resultado final un costo de adquisición igual a 64'894.209 [COP]

8.2 COSTO DE OPERACIÓN

El costo de operación del equipo lo resumiremos en costo de energía eléctrica que esta consume, el costo del servicio de agua que se necesita para ser lavada y el costo de los operarios.

8.2.1 Costo de la energía eléctrica. Sabiendo que el costo de energía para una zona industrial es $\frac{\$}{Kw-h}$. La máquina estas 24 horas del día trabajando y el consumo del motorreductor según las especificaciones es de 3 [Kw-h] podemos concluir que diariamente su costo de operación es de:

$$\text{Consumo diario} = 3 \text{ [Kw/h]} * 24\text{h}$$

$$\text{Consumo diario} = 72 \text{ [kw]}$$

Teniendo que para la zona industrial de Santander el costo de la energía eléctrica es de 700,76 (COP) entonces el consumo de energía eléctrica diario será:

$$CE = 700.76 \frac{\$}{Kw} * 72Kw$$

$$CE = 50.400 \left[\frac{COP}{dia} \right]$$

Teniendo en cuenta que la maquina debe estar en disposición de trabajo 7 días seguidos y descansar 1 entonces tomaremos como medida promedio que durante el mes la maquina estará en disposición 28 días por lo que el consumo de energía mensual será:

$$CEm = 50.400 \left[\frac{COP}{dia} \right] * 28 \text{ [dia]}$$

$$CEm = 1'411.200[COP]$$

8.2.2 Costo del agua. Para el costo del agua tomaremos un valor estimado debido a que no se conoce con exactitud los $[m^3]$ de agua que se puede gastar en este ejercicio por lo cual tomaremos un promedio de $3[m^3]$ de agua por cada día de lavado.

Sabiendo que el costo del metro cubico en una zona industrial es de 1.604 [COP] por lo que el valor total por ciclo de limpieza de la maquina serátenemos que

$$CA = 1604 \left[\frac{COP}{m^3} \right] * 3[m^3]$$

$$CAm = 4.812 [COP]$$

Sabiendo que son 4 ciclos por cada mes entonces el consumo de agua por lavado mensual sera:

$$CAm = 19.248 [COP]$$

8.2.3 Costo de operarios. Tomaremos para nuestro caso que habrá dos operarios manipulando el equipo para los cuales tomaremos un estimado de 1'200.000 [COP] de salario mensual lo cual nos dará como resultado un costo mensual total de 2'400.000 en operarios.

8.2.4 Costo total de operación. Tomando los resultados de los diferentes costos de operación tendremos entonces que el costo mensual de operación para que nuestro equipo trabaje plenamente será la siguiente suma:

$$CTO = CEm + CAm + operarios$$

$$CTO = 3'830.448 [COP]$$

9. RESULTADOS

En cumplimiento de los objetivos planteados se procede a realizar en el software SolidWorks las diferentes simulaciones y obtención de resultados con la finalidad de tener una visión cercana a la realidad de los cálculos realizados previamente en la sección 7.

9.1 SIMULACIÓN DE CARGAS EN EL BASTIDOR

Recordando que el bastidor debe soportar el peso de toda la maquina junto con la carga de materia prima que para nuestro caso es el cacao, procederemos a tomar un peso total de 30.000 Newtons para cada apoyo sabiendo la carga verdadera es 16.221 [N] y probaremos así si el bastidor diseñado cumple para esta carga, es válido aclarar estas cargas son transmitidas mediante las chumaceras de piso en los puntos C y D del bastidor, de lo cual podemos generar los resultados que debido a su extenso número de páginas decidimos ponerlos en los anexos, para ver estos resultados ver Anexo J. En estos resultados tomamos como criterio de aceptación el esfuerzo Von-mises vs el esfuerzo de fluencia y la deformación en mm que se presente.

9.2 SIMULACIÓN DE CARGAS PARA EL EJE MOTRIZ

El eje motriz debe al igual que el bastidor soportar la carga de la maquina junto con el de la materia prima como punto crítico, esta carga ira disminuyendo en función del tiempo, pero para nuestro caso de análisis tomaremos un peso total de 32.442 Newtons al igual que para el bastidor esto para el esfuerzo axial. También debemos recordar que este eje está soportando esfuerzo por torsión que ejercen las paletas y el motorreductor estos torques para nuestro estudio serán 623 [N-m]. por cada par de paletas. Debido al extenso número de páginas decidimos poner resultados en los anexos, para ver estos resultados ver Anexo k. En estos

resultados tomamos como criterio de aceptación el esfuerzo Von-mises vs el esfuerzo de fluencia y la deformación en mm que se presente.

9.3 SIMULACIÓN DE CARGAS PARA EL EJE DE PALETA y PALETA

Para este subconjunto la simulación la realizaremos aplicando carga distribuida axial a través de la paleta la cual corresponderá a 10.000 [N/m²] de fuerza, el área aproximada de la paleta es 0.084 [m²] de lo cual podemos generar los resultados que debido a su extenso número de páginas decidimos ponerlos en los anexos, para ver estos resultados ver Anexo L. En estos resultados tomamos como criterio de aceptación el esfuerzo Von-mises vs el esfuerzo de fluencia y la deformación en mm que se presente.

9.4 SIMULACIÓN DE CARGAS EL CONTENEDOR (TAMIZ)

En el tamiz tenemos que debe soportar el peso del cacao el cual corresponde 1 Tonelada, pero pondremos una carga distribuida para nuestra simulación correspondiente a 10.000 [N/m²] de lo cual podemos generar los resultados que debido a su extenso número de páginas decidimos ponerlos en los anexos, para ver estos resultados ver Anexo M. En estos resultados tomamos como criterio de aceptación el esfuerzo Von-mises vs el esfuerzo de fluencia y la deformación en mm que se presente.

10. PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO

Para obtener un óptimo desempeño de la maquina se debe tener presente las recomendaciones de funcionamiento las cuales se presentan a continuación:

- Observar que no haya objetos ni partículas extrañas en el interior del recipiente.
- Accionar el interruptor de encendido.
- Cuando la maquina entre en funcionamiento se recomienda tenerla cerrada para evitar que partículas o elementos externos puedan ingresar al recipiente y contaminar el interior.
- Se requiere de dos operarios para que realice la descarga, estos operarios deben apagar la maquina cuando el proceso de fermentación haya acabado, posteriormente acoplar la camisa que se encuentra en las caras laterales de la maquina mediante el pasador que une a esta con el eje para luego encender la máquina y que esta gire junto con el eje realizando así el vaciado.
- Cuando la parte superior del tanque llegue a 120° respecto del eje vertical debe accionar el interruptor de apagado para apagar el motorreductor y retirar el cacao fermentado que se encuentra en su interior.
- Cuando la maquina este completamente vacía debe cambiar la polaridad del motorreductor haciendo que este gire en sentido contrario, accionar el interruptor de encendido y llevar el tanque hasta su posición habitual de funcionamiento.
- Cuando se finalice el proceso se debe apagar y desconectar la maquina

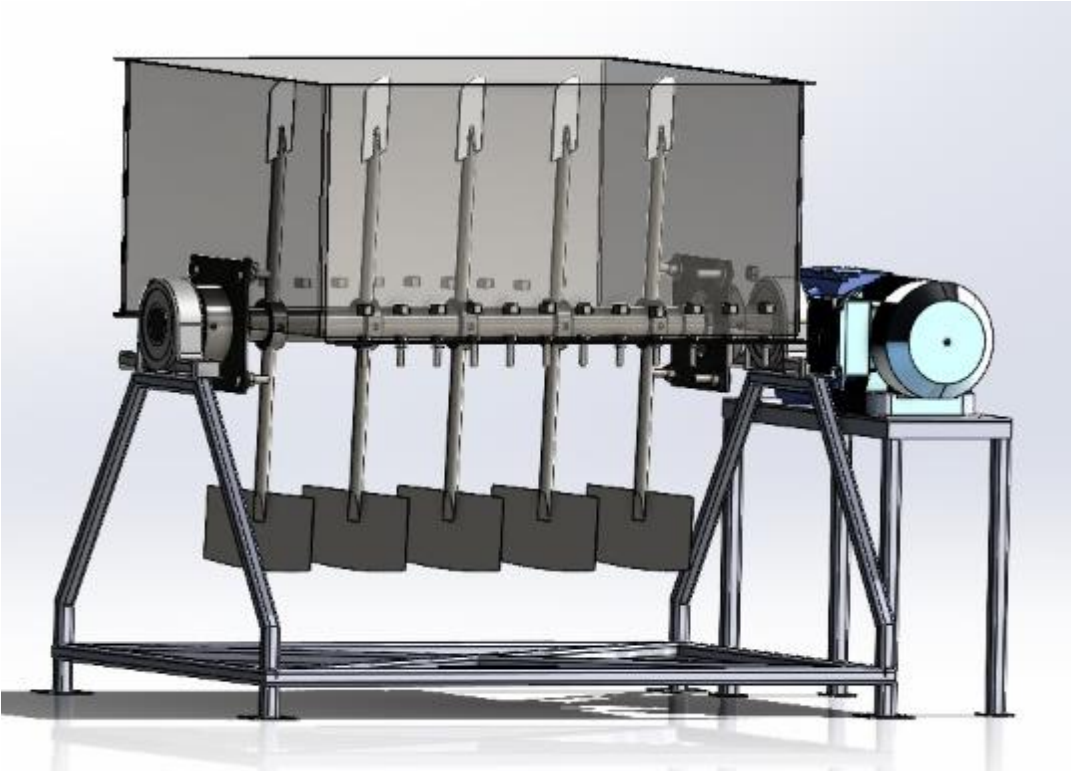
11. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

Con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la maquina se recomienda realizar mantenimiento cuando se finalice cada proceso para ello utilizaremos agua y un cepillo con el fin de eliminar cualquiera de los excedentes tales como lixiviados o partículas que pueden contaminar el proceso siguiente, esto lo realizaremos de la siguiente manera:

- Verificar que la maquina se encuentre apagada y desconectada
- Una vez vaciada la maquina se procede a separar las partes empezando por el recolector de mucilago, para ello debe quitar los 24 tornillos de la junta y retirar así la parte inferior.
- Para retirar la parte intermedia debe primero pasar una cuerda que viene del polipasto por los orificios externos (argollas) que se encuentra en la parte exterior de la junta pasando por debajo de la lámina intermedia (tamiz) abrazándola para luego retirar los cuatro tornillos que se encuentran en la junta y así posteriormente bajar esta parte del equipo quedando de esta forma las tres partes separadas.
- Se procede a realizar un lavado con un cepillo y agua sobre las tres partes del recipiente, el eje principal, el eje de las paletas y las paletas
- Después de hecho el lavado se procede a ensamblar las partes del contenedor nuevamente.

En la Figura 52 podremos apreciar cómo quedaría la maquina al momento de realizarle la limpieza, es decir, cuando la parte inferior de la maquina no se encuentra acoplada a la maquina

Figura 52. Maquina en disposición para mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

12. CONCLUSIONES

1. Haciendo uso del método del diseño se logra realizar el diseño de un equipo que pueda desmucilaginar y fermentar el fruto del cacao con el fin de darle beneficio tanto a la almendra como al mucilago aumentando así le rentabilidad en la producción.
2. Mediante el uso de matriz QFD se logra seleccionar la mejor alternativa de máquina que puede cumplir con los requerimientos y especificaciones dados, para nuestro caso de estudio se deduce haciendo el uso de esta matriz que la selección de las opciones propuestas debe ser la alternativa número tres.
3. Es necesario realizar mejoras continuas aplicando la tecnología, el método del diseño y con ello la creatividad con el fin de optimizar los procesos disminuyendo de esta manera en la medida de lo posible los cuellos de botella que son habituales en cualquier tipo de proceso, para nuestro caso en particular se logra optimizar y tecnificar el proceso de fermentado y desmucilaginado de cacao mediante el diseño de un equipo que cumple con los requerimientos expuestos y las normas sanitarias.
4. Al caracterizar el fruto de cacao CCN51 se consigue obtener una condición principal de diseño más específicamente para sección intermedia del contenedor (tamiz), ya que se puede definir el diámetro de los orificios perforados que cumplen con la función principal de dejar pasar el mucilago mas no la almendra de cacao drenándolo para su posterior beneficio.
5. Al realizar el análisis de costo del diseño se puede apreciar que el costo de adquisición del equipo para la fermentación y desmucilaginado del fruto de cacao es de 64'894.209 [COP] de los cuales el 53% estará invertido en el

motorreductor por lo cual podemos concluir que es un factor principal en la adquisición del equipo, por otro lado, el costo mensual de operación asciende a 3'830.448 [COP].

6. La rotación del contenedor sobre su eje permite descargar el fruto de cacao de forma rápida y sencilla ayudando al operario de manera pasiva en el proceso de vaciarlo por acción de la gravedad.
7. Mediante el uso de la herramienta CAD (SolidWorks) se puede corroborar que el proceso de cálculo de las diferentes subpartes que componen la maquina cumplen con la resistencia física y mecánica garantizando el correcto funcionamiento de esta.
8. El diseño seccionado del equipo es modular y unido mediante una junta lo que facilita un eventual transporte de este y la asepsia del proceso ya que así podemos realizar una limpieza sencilla y profunda de todos los elementos que están en contacto con la materia prima.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Anadolu. El cacao un alimento que llevo paz a Colombia donde antes había guerra. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2020). Disponible en:<https://www.aa.com.tr/es/mundo/el-cacao-un-alimento-que-llev%C3%B3-paz-a-zonas-de-colombia-donde-antes-hab%C3%ADa-guerra/1646997>

BECKETT, Stephen T. The Science of Chocolate. York: The Science of Chocolate, 2008 [En línea]. Disponible en:
https://muhammadsbchi.files.wordpress.com/2010/04/beckett-the_science-of-chocolate.pdf Observatorio del cacao. Historia [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <http://www.observatoriodelcacao.com/historia/>

BUDYNAS, Richard. NISBETT, Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México D.F: Mc Graw Hill Edición, 2008.

Centro de innovación del cacao. Fermentación. [En línea] (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <http://www.cic.pe/cadena-valor/>

DUBON, Arnoldo. Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. La lima: FHIA, 2016. P. 1-11.

ESTEBAN C, Paola. Residuos del cacao podrían ser fuente de alimento al producir hongo de orellana. [Base de datos en línea]. Mayo 17 de 2015. Vanguardia. (recuperado en 10 junio 2020). Disponible en:
<https://www.vanguardia.com/mundo/ciencia/residuos-del-cacao-podrian-ser-fuente-de-alimento-al-producir-hongo-orellana-HYVL311868>

Federación nacional de cacaoteros. Producción de cacao por departamentos. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: www.fedecacao.com.co

HAMROCK, Bernard. JACOBSON, Bo. SCHMID, Steven. Elementos de máquinas. México D.F. Pearson Edición, 2004.

KALVATCHEV, Zlatko; J, Domingo y GUERRAA CEDEZO, franklin. Theobroma cacao Un nuevo enfoque para nutrición y salud. Junio, 1998. Vol. 4 no.6., p.21-25.

Lo paisa. El chocolate en Colombia [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <https://www.lopaisa.com/chocolate.html>

La vida en chocolate. Del grano de cacao al chocolate. [en línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021). Disponible en: <http://cocoaszone.weebly.com/del-cacao-al-chocolate.html>

MOTT, R. Diseño de elementos de máquinas, 2006. [En línea]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nrYd_BjTL0UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=transmision+por+cadena&ots=1CJq2fraal&sig=aaGjAZWHEN1HCknGu2Oagezv4AA#v=onepage&q=transmision%20por%20cadena&f=false

Nacional de acero [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021). disponible en: <http://www.nacionaldeacero.com/tabla-de-calibres>

Observatorio del cacao. Historia [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre de 2021). Disponible en: <http://www.observatoriodelcacao.com/historia/>

PARADA, Alfredo. Diseño para cálculos de elementos a fatiga. Bucaramanga. Edición, 1990.

Servicios integrales del agro. Partida de mazorcas. [En línea]. (Recuperado el 21 de octubre 2021). Disponible en: <https://actualizandocambios.blogspot.com/2014/12/cosecha-y-beneficio-del-cacao.html>

SOTO PEREIRA, María José. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Proyecto de grado ingeniero químico, Sartenejas: Universidad simón bolívar. Facultad de ingenierías fisicoquímicas, 2012. P.15.

ANEXOS

Anexo A. Reglamentación

RESOLUCION 683 DE 2012

(marzo 28)

D.O. 48.388, marzo 30 de 2012

por medio de la cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano.

Nota: Desarrollada por la [Resolución 834 de 2013](#), por la [Resolución 4143 de 2012](#) y por la [Resolución 4142 de 2012](#).

La Ministra de Salud y Protección Social, en ejercicio de sus atribuciones legales, en especial las conferidas en la [Ley 170 de 1994](#), los artículos 267 de la [Ley 09 de 1979](#) y numeral 30 del artículo 2º del [Decreto 4107 de 2011](#), y

CONSIDERANDO:

Que el artículo [78](#) de la Constitución Política de Colombia dispone: "(...) Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios. (...)".

Que mediante la [Ley 170 de 1994](#), Colombia se adhirió a los "Acuerdos de la Organización Mundial del Comercio", el cual contiene, entre otros, el "Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio" y el "Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias", que reconoce la importancia de que los países miembros adopten medidas necesarias para la protección de los intereses esenciales en materia de seguridad de todos los productos, comprendidos, los industriales y agropecuarios.

Que de conformidad con lo establecido en el artículo 26 de la Decisión Andina 376 de 1995, los Reglamentos Técnicos se establecen para garantizar, entre otros, los siguientes objetivos legítimos: seguridad nacional, protección a la vida, salud humana, animal, vegetal y protección al medio ambiente.

Que de acuerdo con lo señalado en los artículos 9º, 11, 13, 23 y 24 del [Decreto 3466 de 1982](#), los productores de bienes y servicios sujetos al cumplimiento de norma técnica oficial obligatoria o Reglamento Técnico, serán responsables porque las condiciones de calidad e

idoneidad de los bienes y servicios que ofrezcan correspondan a las previstas en la norma o reglamento.

Que con base en lo establecido por el [Decreto 2522 de 2000](#), la Superintendencia de Industria y Comercio expidió la [Resolución 03742 de 2001](#), señalando los criterios y condiciones que deben cumplirse para la expedición de reglamentos técnicos, ya que según el artículo 7º del [Decreto 2269 de 1993](#), los productos o servicios sometidos al cumplimiento de un Reglamento Técnico, deben cumplir con estos, independientemente de que se produzcan en Colombia o se importen.

Que las directrices para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos en los países miembros de la Comunidad Andina y a nivel comunitario contenidas en la Decisión 562 de la Comunidad Andina y el procedimiento administrativo para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos, medidas sanitarias y fitosanitarias en el ámbito agroalimentario, dispuesto en el [Decreto 4003 de 2004](#), son tenidas en cuenta en la elaboración del Reglamento Técnico que se establece con la presente resolución.

Que las industrias productoras de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas deben regirse por las buenas prácticas de fabricación para asegurar el cumplimiento de los requisitos sanitarios y la prevención de contaminaciones que pongan en riesgo los alimentos y las bebidas.

Que el párrafo del artículo 243 de la [Ley 09 de 1979](#) establece que la expresión "bebidas", se incluyen las alcohólicas, analcohólicas no alimenticias, estimulantes y otras que el hoy Ministerio de Salud y Protección Social determine.

El Reglamento Técnico que se establece con la presente resolución fue notificado a la Organización Mundial del Comercio (OMC), mediante los documentos identificados con las firmas G/TBT/N/COL/122 y G/SPS/N/COL/166 notificado el 8 de diciembre de 2008 y el 13 de febrero de 2009.

En mérito de lo anterior, este despacho

RESUELVE:

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I

Objeto y campo de aplicación

Artículo 1°. Objeto. La presente resolución tiene por objeto establecer el Reglamento Técnico, mediante el cual se señalan los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano, con el fin de proteger la salud humana y prevenir las prácticas que puedan inducir a error a los consumidores.

Artículo 2°. Campo de aplicación. Las disposiciones contenidas en el Reglamento Técnico que se establece mediante la presente resolución se aplican a:

1. Los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto directo o indirecto con los alimentos, bebidas y sus materias primas para consumo humano, los cuales incluyen, envases, cierres, equipos y utensilios de la industria de alimentos y servicios de alimentación y de uso doméstico, entre otros.

2. Todas las personas naturales o jurídicas que desarrollan actividades de fabricación, almacenamiento, comercialización, distribución, expendio de los materiales, objetos, envases y equipamientos, nacionales e importados, destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano y el transporte asociado a dichas actividades.

3. Las actividades de inspección, vigilancia y control que ejerzan las autoridades sanitarias sobre la fabricación, almacenamiento, transporte, comercialización, distribución, expendio, importación y exportación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano.

Parágrafo. Las disposiciones contenidas en el presente reglamento técnico no se aplican a los envases secundarios o embalajes.

CAPÍTULO II

Definiciones

Artículo 3°. Definiciones. Para efectos de la aplicación del presente

reglamento técnico, se adoptan las siguientes definiciones.

Aditivo. Sustancia añadida intencionalmente a los polímeros y a otros sustratos utilizados en la fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos, para poder procesarlos y mejorar o modificar una o más de sus propiedades.

Alimento alterado. Alimento que presenta modificación o degradación, parcial o total, de los constituyentes que le son propios, por agentes físicos, químicos o biológicos.

Artículos precursores de envases. Materiales semielaborados o intermedios (películas, láminas y preformas plásticas), a partir de los cuales se elaboran envases destinados a entrar en contacto con alimentos.

Barrera funcional a la migración. Capa integral de un objeto, envase o equipamiento, que normalmente está en contacto con el alimento y que bajo condiciones normales o previsibles de uso, reduce todas las posibles transferencias hacia el alimento de sustancias presentes en cualquier capa anterior a la barrera (generalmente contaminantes u otros compuestos no agregados intencionalmente a dichas capas), a unos niveles toxicológicamente seguros, sensorialmente insignificantes y tecnológicamente inevitables.

Buenas Prácticas de Fabricación (BPF). Aspectos de aseguramiento de la calidad que garantizan que los materiales, objetos, envases y equipamientos se producen y controlan, para asegurar que sean conformes con la reglamentación vigente y con los estándares de calidad para el uso previsto y no pongan en riesgo la salud humana o causen un cambio en la composición de los alimentos y bebidas o un deterioro de sus características sensoriales.

Celulosa regenerada. Material obtenido a partir de pasta de celulosa (normalmente de tipo químico) químicamente modificada con reactivos especiales (denominada viscosa) y coagulada para conferirle forma plana (película) en un baño de solución ácida.

Colorantes. Sustancias orgánicas solubles en disolventes o en los materiales plásticos o en otros sustratos a los que se agregan para conferirles color.

Contaminante. Cualquier sustancia no añadida intencionalmente al material, objeto, envase o equipamiento, como resultado de la

fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de estos o como resultado de contaminación ambiental, en cantidades superiores a las permitidas de acuerdo con los límites establecidos en el presente reglamento técnico.

Degradación. Pérdida de las propiedades originales de los materiales plásticos o elastoméricos, que limite o impida el uso para el cual fueron diseñados, debido a la acción de agentes físicos, químicos o biológicos.

Embalaje. Conjunto de elementos que permiten proteger los envases primarios de las influencias externas y lograr un mantenimiento y almacenamiento adecuados. Incluye los envases secundarios y terciarios.

Envase compuesto. Envase fabricado con varias capas de materiales diferentes, combinaciones de materiales plásticos, celulósicos y metálicos.

Envase de único uso. Envase no retornable. Corresponde a un envase de primer uso.

Envase primario. Artículo que está en contacto directo con el alimento y bebidas, destinado a contenerlo desde su fabricación hasta su entrega al consumidor, con la finalidad de protegerlo de agentes externos de alteración y contaminación. Los componentes del envase primario, es decir el cuerpo principal y los cierres, pueden estar en contacto directo o indirecto con el alimento o bebida.

Envase retornable. Envase que tiene unas características de resistencia y sanidad tales que puede ser llenado y utilizado varias veces, sólo para contener alimentos o bebidas alcohólicas y que se somete a un proceso industrial de higienización, antes de cada uso.

Envase secundario. Artículo diseñado para dar protección adicional al alimento o bebida alcohólica, contenido en un envase primario o para agrupar un número determinado de envases primarios.

Envase terciario. Artículo diseñado para facilitar la manipulación y el transporte de varias unidades de envases primarios o secundarios para protegerlos durante su manipulación física y evitar los daños inherentes al transporte.

Equipamientos. Conjunto de equipos y utensilios utilizados por la

industria de alimentos, bebidas y servicios de alimentación.

Todo artículo en contacto directo con alimentos o bebidas, que no sea un envase primario, que se usa durante la elaboración, fraccionamiento, almacenamiento, comercialización y consumo de alimentos o bebidas.

Se incluyen en esta denominación a recipientes, maquinarias, accesorios, válvulas, utensilios de vidrios y cerámicas, películas y láminas plásticas para envolver alimentos, foil de aluminio para envolver alimentos, papeles para envolver alimentos, platos, cubiertos y vasos de uso repetido o de un único uso, bolsas de papel, de plástico o compuestas, saquitos de té, café y de otras infusiones, filtros de café y otras infusiones, envases diversos tales como cajas, guacales, costales, botellas, frascos, tarros, botellones, damajuanas, bolsas, bandejas, potes, tapas, tapones u otros elementos de cierre de botellas, tarros y frascos, sellos o liners (guarniciones) para asegurar la hermeticidad de tapas, latas y tarros de hojalata, aluminio y lámina o chapa cromada, aerosoles y tubos colapsibles metálicos, utensilios de cocina, tales como, ollas, tablas de picas, cuchillos, cucharas, cucharones, espátulas, entre otros (incluye los utensilios de vidrios y cerámicas), moldes y bandejas, pitillos (sorbetes o pajitas) para el consumo de bebidas, equipos para realizar las operaciones unitarias en las industrias de alimentos tales como picadoras, molinos, troceadoras, marmitas, escaldadores, batidoras, mezcladoras, bandas transportadoras e Incentivos promocionales, entre otros.

Grado alimentario. Características propias de la composición de los materiales vírgenes destinados a entrar en contacto con alimentos, que determinan su aptitud sanitaria, que para tal efecto se establezcan por el Ministerio de Salud y Protección Social. En el caso de los materiales reciclados implica además, la remoción de sustancias contaminantes o residuales potencialmente presentes en los mismos, obtenida por la aplicación de los procesos de descontaminación de las tecnologías de reciclado físico o químico validadas, a niveles tales que su uso no implica un riesgo sanitario para el consumidor, ni modifican la calidad sensorial de los alimentos. En ambos casos, estas características permiten el uso de estos materiales en contacto directo con los alimentos.

Inocuidad del envase. Garantía de que el envase no causará modificaciones indeseables en las características nutricionales y sensoriales de los alimentos, ni cederá sustancias a los mismos que constituyan un riesgo para la salud del consumidor.

Latón. Familia de aleaciones metálicas de Cobre (Cu) (60-70% m/m) y Zinc (Zn) (30-40% m/m).

Límite de composición. Cantidad máxima admisible de un componente particular de interés toxicológico en el material en contacto con los alimentos.

Límite de migración específica. Es la cantidad máxima admisible de un componente específico, de interés toxicológico, transferida desde los materiales en contacto con los alimentos o bebidas, en las condiciones habituales de uso, elaboración y almacenamiento o en las condiciones equivalentes de ensayo.

Límite de migración total o global. Cantidad máxima admisible de todos los componentes del material en contacto con los alimentos, transferidos a los simulantes de los mismos, bajo condiciones de ensayo.

Listas positivas. Enumeraciones taxativas de las sustancias que han demostrado ser fisiológicamente inocuas en ensayos toxicológicos, cuyo uso está autorizado para la fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos o bebidas.

Lote. Cantidad de unidades de un producto elaborado en condiciones esencialmente idénticas.

Manipulador. Es toda persona que interviene directamente y aunque sea en forma ocasional, en actividades de fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y expendio.

Masterbatch. Gránulos de polímero, en los que se encuentran concentrados ciertos colorantes, pigmentos o aditivos, cuyo uso facilita la manipulación de estas sustancias y su dispersión en el material plástico.

Material de descarte industrial o de proceso. Material de grado alimentario que no está contaminado ni degradado, que se puede reprocesar con la misma tecnología de transformación que lo originó y que puede ser utilizado para la fabricación de envases, artículos precursores de los mismos, y materiales destinados a entrar en contacto con alimentos o bebidas (se obtiene de la misma industria de

proceso).

En esta definición también se incluye material de desecho proveniente de envases o artículos precursores de los mismos, ambos de grado alimentario, generado en el establecimiento industrial que elabora envases o artículos precursores y que no se recupera a partir de los residuos sólidos domiciliarios y que de estar contaminado y se pretenda utilizar en la fabricación de envases, artículos precursores de los mismos, y materiales destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas, debe ser sometida a un proceso de descontaminación.

Materiales plásticos. Compuestos macromoleculares orgánicos obtenidos por procesos de polimerización (policondensación, poliadición u otros) a partir de monómeros y otras sustancias de partida, o por modificación química de macromoléculas naturales. A dicho compuesto macromolecular podrán añadirse otras sustancias, como aditivos, cargas inorgánicas, colorantes y pigmentos.

Material posconsumo. Material originado en las diferentes actividades de consumo, finalizando el periodo de vida útil para el cual fue fabricado. Debe ser sometido a un proceso de descontaminación, en el caso de que se pretenda usarlo para la fabricación de envases, artículos precursores de los mismos y materiales destinados a entrar en contacto con los alimentos.

Materiales y objetos activos. Materiales y objetos de grado alimenticio destinados a ampliar el tiempo de vida útil, a mantener o mejorar el estado de los alimentos envasados, y que están diseñados para incorporar deliberadamente componentes que transmitan sustancias a los alimentos envasados o al entorno de estos o que absorban sustancias de alimentos envasados o del entorno de estos.

Materiales y objetos inteligentes. Materiales y objetos de grado alimenticio que responden ante el estado de los alimentos envasados o el entorno de estos e indican si el alimento es apto para consumo humano.

Migración. Transferencia de componentes desde el material en contacto con los alimentos o bebidas hacia dichos productos, debido a fenómenos físico químicos.

Migración total o global. Cantidad de componentes transferidos desde los materiales en contacto con los alimentos, bebidas o sus

simulantes hacia ellos, en las condiciones habituales de elaboración, almacenamiento y uso, o en las condiciones equivalentes de ensayo.

Migración específica. Cantidad de un componente particular de interés toxicológico, transferido desde los materiales en contacto con los alimentos, bebidas o sus simulantes hacia ellos, en las condiciones habituales de elaboración, almacenamiento y uso, o en las condiciones equivalentes de ensayo.

Objetos precursores de envases plásticos. Materiales plásticos semielaborados o intermedios (películas, láminas y preformas plásticas), a partir de los cuales se elaboran envases destinados a estar en contacto con alimentos o bebidas.

Papel de aluminio. Hoja plana de aleaciones de aluminio (Al) técnicamente puro (mínimo 99.5 %) con otros elementos, como Silicio (Si), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Cromo (Cr) y Zinc (Zn), de espesores variables (5 a 150 micrones), con la cual se pueden obtener materiales, desde flexibles hasta semirrígidos, como capas usadas para laminación con plásticos, papeles o cartulinas para la obtención de envases compuestos, tapas, sellos o guarniciones, bandejas, potes, entre otros. El papel de aluminio puede ser sometido a diversas operaciones, como impresión, pintado, recubrimiento con revestimientos poliméricos u orgánicos de otro tipo, y gofrado para obtener superficies texturizadas.

Película plástica. Material plástico de forma plana, de espesor menor o igual a 250 micrones.

Permeabilidad. Transferencia de gases, vapores y aromas debido a procesos físico-químicos, por disolución de esas sustancias en una de las caras del material, su difusión a través del mismo y su posterior desorción en la cara opuesta. En el caso de envases plásticos, el sentido de esta transferencia, que puede darse aún en ausencia de poros, roturas o discontinuidades en el material, puede ser desde el exterior al interior, o viceversa. Cuando un material plástico presenta una muy baja permeabilidad a una sustancia permeante, se le denomina material de barrera a dicha sustancia.

Pigmentos. Sustancias orgánicas o inorgánicas insolubles en los materiales plásticos o en otros sustratos a los que se agregan para conferirles color.

Procesos de descontaminación o ultralimpieza. Tecnologías de

reciclado físico o químico de material de descarte industrial o posconsumo con alta eficiencia de remoción de sustancias contaminantes y residuales, que ha sido demostrada sometiénolas a un procedimiento de validación normalizado y que por ende, cuentan con autorizaciones especiales de uso. Como producto de estos procesos, se obtiene un material de grado alimentario que puede ser usado en mezclas de proporción variable con material virgen, para la fabricación de envases y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Reciclaje o reciclado. Proceso por el que un material previamente recuperado del flujo de desechos sólidos se reintegra a la cadena de uso.

Resinas de intercambio iónico. Materiales sintéticos, sólidos e insolubles en agua, que se presentan en forma de esferas o perlas. Poseen una alta concentración de grupos polares, ácidos o básicos, incorporados a una matriz de un polímero sintético (resinas estirénicas, resinas acrílicas, entre otras) y actúan tomando iones de las soluciones (generalmente agua) y cediendo cantidades equivalentes de otros iones.

Simulante. Sustancia o mezcla de sustancias, que en las condiciones establecidas de tiempo y temperatura de los ensayos de migración, tiene una interacción con los materiales y objetos en contacto con ella, considerada equivalente a la de un alimento, grupo de alimentos o bebidas.

Sistema de aseguramiento de la calidad. Disposiciones organizadas y documentadas para garantizar que los materiales y objetos sean conformes con las normas aplicables y los estándares de calidad para el uso previsto.

Sistema de control de la calidad. Aplicación sistemática de las medidas establecidas en el Sistema de Aseguramiento de la Calidad para que las materias primas y los materiales y objetos intermedios y acabados sean conformes a las especificaciones determinadas en el Sistema.

Superficie en contacto directo con los alimentos. Interrelación producida entre la superficie de un material u objeto y la superficie de un alimento, cuando se tocan mutuamente. Este concepto, a los efectos de este reglamento y de los reglamentos específicos se aplica al envase primario.

Superficie en contacto indirecto con los alimentos. Interrelación producida entre la superficie de un material u objeto y la superficie de un alimento, cuando no se tocan mutuamente. Este concepto, a los efectos de este reglamento y de los reglamentos específicos se aplica al envase primario.

Sustancia de partida. Sustancia destinada a ser utilizada en la polimerización natural o sintética para la fabricación de macromoléculas poliméricas.

Trazabilidad. Sistema de organización de la información, que permite seguir la ruta de los materiales, objetos, envases y equipamientos con los cuales está en contacto; desde el origen de la cadena de abastecimiento hasta el punto de destino final de la misma o viceversa.

TÍTULO II

CONTENIDO TÉCNICO

CAPÍTULO I

Clasificación

Artículo 4°. Clasificación. Teniendo en cuenta los grupos de materiales, objetos, envases y equipamientos, estos se clasifican:

1. Materiales plásticos, incluidos sus aditivos.
2. Elastómeros y cauchos, incluidos sus aditivos.
3. Celulósicos y sus aditivos.
4. Papeles, cartulinas y cartones, incluidos sus aditivos.
5. Vidrios y cerámicas.
6. Metales y aleaciones, incluidos sus revestimientos como barnices, esmaltes y lacas.

Parágrafo. La reglamentación específica para los grupos de materiales, objetos, envases y equipamientos, será establecida por el Ministerio de Salud y Protección Social. **(Nota: Parágrafo desarrollado por la**

Resolución 834 de 2013, por la Resolución 4143 de 2012 y por la Resolución 4142 de 2012.

Artículo 5°. Requisitos de los materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos o bebidas para consumo humano. Los materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos para consumo humano deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Las sustancias que modifiquen la composición o las características sensoriales de los alimentos, deben cumplir con la normativa que el Ministerio de Salud y Protección Social expida para aditivos alimentarios.
2. Los componentes que transmitan sustancias a los alimentos envasados o al entorno de estos o que absorban sustancias de alimentos envasados o del entorno de estos, deben cumplir con las disposiciones establecidas en el presente reglamento técnico.
3. Los materiales y objetos activos no deben ocasionar modificaciones de la composición ni de los caracteres sensoriales de los alimentos que puedan inducir a error a los consumidores.
4. Los materiales y objetos inteligentes no deben contener información sobre el estado de los alimentos que pueda inducir a error a los consumidores.
5. Los materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos deben llevar en el rótulo información que permita al consumidor identificar las partes no comestibles.
6. Los materiales y objetos activos e inteligentes deben indicar en el rótulo que son activos o inteligentes, o ambas cosas.

CAPÍTULO II

Prohibiciones

Artículo 6°. Prohibiciones. Los materiales que se prohíben para entrar en contacto con alimentos y bebidas son:

1. Costales de fibras naturales o sintéticas, que no sean de primer uso.
2. Envases de madera (guacales) que no sean de primer uso.

3. Tapones y otros objetos de corcho (sellos o guarniciones), que no sean de primer uso.

4. El empleo de materiales recuperados posconsumo o de descarte industrial como materia prima para la fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas que puedan alterar la inocuidad de los mismos.

Parágrafo. Se prohíbe el uso y empleo de recipientes, envases y embalajes que tengan leyendas y marcas correspondientes a otros productos que circulen en el comercio o que hayan servido con anterioridad como recipientes, envases o embalajes de otro tipo de productos que no son propios del fabricante o comerciante que los utiliza.

CAPÍTULO III

Reciclado y reutilización

Artículo 7°. Materiales reciclados y reutilizados. Para el uso de materiales reciclados y reutilizados se deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Se permite el uso de materiales plásticos reciclados cuando el envase, objeto o equipamiento multicapa fabricado con ellos, cuente con una barrera funcional que limite la migración al alimento y a la bebida de contaminantes.

2. La barrera funcional debe ser apta sanitariamente; su eficacia se debe cuantificar mediante ensayos de migración de los contaminantes u otros compuestos.

3. Los materiales reciclados que sirvan para fabricar envases, equipamientos u objetos mono o multicapa, deben ser sometidos previamente a un proceso de descontaminación o ultra limpieza, el material recuperado debe ser de grado alimentario.

4. La reutilización de envases de vidrio o plástico se permitirá únicamente si se cuenta con tecnologías de retorno de envases, que incluyan la logística de recuperación de estos, la detección de contaminantes presentes, su limpieza e higienización, así como la evaluación de su aptitud sanitaria e inocuidad.

5. Se permite el uso de fibras celulósicas recicladas para la fabricación de envases primarios para frutas y vegetales con cáscara y las establecidas en el Reglamento Técnico de materiales, objetos, envases y equipamientos celulósicos y sus aditivos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano que expida el Ministerio de Salud y Protección Social.

CAPÍTULO IV

Autorización de sustancias

Artículo 8°. Autorización de sustancias. Las materias primas, sustancias, insumos y aditivos empleados en la fabricación de objetos, envases, materiales y equipamientos, destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas, que no se encuentren en las listas positivas establecidas en el subnumeral 1.1 del artículo 13 del presente reglamento técnico y las nuevas combinaciones de los grupos de materiales y objetos que trata el artículo 4° del presente reglamento técnico y materiales reciclados utilizados en la fabricación de objetos, envases, materiales y equipamientos, serán autorizadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), de conformidad con el procedimiento que establezca esa entidad.

TÍTULO III

CONDICIONES BÁSICAS DE HIGIENE

Artículo 9°. Buenas Prácticas de Fabricación. La fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas, para asegurar el cumplimiento de los requisitos sanitarios de los mismos y la prevención de contaminación que ponga en riesgo la inocuidad del alimento y bebidas, debe regirse por las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), establecidas en el presente título.

Artículo 10. Condiciones de Fabricación. Para la fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas, se debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Educación y capacitación. Toda persona que manipule objetos, envases, materiales y equipamientos, debe cumplir con los siguientes requisitos:

1.1. Capacitación permanente en temas higiénico sanitarios, en el manejo de los mismos, además de las tareas específicas del proceso.

1.2. Las empresas deben contar con un plan de capacitación continuo y permanente para el personal manipulador desde el momento de su vinculación. Esta capacitación estará bajo la responsabilidad de la empresa y podrá ser efectuada por esta o por personas naturales o jurídicas debidamente autorizadas por las autoridades sanitarias competentes.

2. Edificaciones e instalaciones. Las condiciones sanitarias de las edificaciones e instalaciones deben cumplir con:

2.1. Estar ubicadas en lugares aislados de cualquier foco de insalubridad y contaminación.

2.2. Su funcionamiento no debe poner en riesgo la salud y el bienestar de la comunidad.

2.3. Sus accesos y alrededores se mantendrán limpios, libres de acumulación de basuras y debe tener superficies pavimentadas o recubiertas con materiales que faciliten el mantenimiento sanitario e impidan la generación de polvo o el estancamiento de aguas.

2.4. El establecimiento debe asegurar condiciones locativas adecuadas que garanticen que los materiales, objetos, envases o equipamientos, así como sus embalajes, manejados en estas no se contaminen.

2.5. Las instalaciones deben proteger los ambientes de producción, almacenamiento entre otras áreas, e impida la contaminación por objetos extraños o plagas.

2.6. Deben estar construidas de manera que se faciliten las operaciones de limpieza, desinfección y control de plagas.

2.7. La edificación debe poseer una adecuada separación física de aquellas áreas donde se realizan operaciones de elaboración susceptibles de ser contaminadas por otras operaciones o medios de contaminación presentes en las áreas adyacentes.

CAPÍTULO I

Aseguramiento y control de la calidad

Artículo 11. Sistema de aseguramiento y control de calidad-SAC. Los fabricantes de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas para consumo humano, deben contar con Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (SAC), el cual debe ser esencialmente preventivo y cubrir todas las etapas desde la obtención de materias primas e insumos, hasta la distribución y venta de productos terminados.

Artículo 12. Procedimientos. Los fabricantes de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas para consumo humano, establecerán y mantendrán un aseguramiento de la calidad, teniendo en cuenta:

1. Realizar una evaluación permanente de las Buenas Prácticas de Fabricación.
2. El mantenimiento de los registros que soporten la implementación del programa de control de calidad.
3. Contar con un laboratorio de control de calidad propio o externo, con el fin de asegurar la conformidad de los materiales, objetos, envases o equipamientos producidos.
4. Certificaciones expedidas por los proveedores de cumplimiento de los requisitos de las materias primas.
5. La existencia de especificaciones documentadas y codificadas para toda materia prima e insumos así como para los productos finales.
6. Programa de verificación de cumplimiento de las materias primas e insumos de los proveedores.

CAPÍTULO II

Requisitos

Artículo 13. Requisitos para fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas. La fabricación de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas, deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Las materias primas cumplirán con los siguientes requisitos:

1.1. Todas las sustancias a utilizar en la elaboración de objetos, envases, materiales y equipamientos, destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas, deben estar en las listas positivas sean de la FDA (Food and Drug Administration), Estados Unidos (EU); CE (Unión Europea o Estados Miembro de la Unión Europea) o Mercosur.

1.2. Las materias primas deben ser de buena calidad técnica de acuerdo a los criterios de pureza.

1.3. Verificar las condiciones sanitarias de las materias primas antes de su entrada al proceso.

1.4. Los materiales que no reúnan las condiciones sanitarias deben estar identificados y controlados para prevenir su uso.

1.5. Las materias primas e insumos y aditivos deben almacenarse y manejarse, de tal manera que, evite confusión, alteración, contaminación y adulteración.

2. El agua utilizada para la fabricación de objetos, envases, materiales y equipamientos, destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas debe cumplir con las disposiciones establecidas en el Capítulo III de la [Resolución 2115 de 2007](#) o en las normas que lo modifiquen, adicionen o sustituyan.

3. Prevención de la contaminación:

3.1. Contar con un procedimiento de prevención de la contaminación basado en análisis de riesgo.

3.2. El equipo y su disposición deben ser adecuados para evitar contaminación cruzada entre los materiales para contacto con alimentos y bebidas y los materiales para otros usos o sus ingredientes.

3.3. Los ambientes deben estar ubicados según la secuencia lógica del proceso, desde la recepción de los insumos hasta el despacho del producto terminado, de tal manera que se eviten la contaminación cruzada. De ser requerido, tales ambientes deben garantizar condiciones higiénicas sanitarias de las operaciones de elaboración.

3.4. Las áreas para materias primas y productos listos para su uso, deben contar con una separación física o funcional.

3.5. Contar con un área independiente para productos devueltos o rechazados.

3.6. Establecer los procedimientos para evitar contaminación del producto durante las operaciones de transferencia, envasado y carga.

4. Administración de variantes o cambios de producción:

4.1. Todos los procedimientos de operación y proceso deben estar establecidos y documentados.

4.2. Contar con un procedimiento para implementar cambios en las operaciones y procesos, capaz de detectar e indicar posibles cambios en la composición o el riesgo de contaminación.

4.3. Contar con un procedimiento para manejar cambios en la formulación de los productos, materias primas e insumos y proveedores.

4.4. Contar con procedimientos documentados que consideren el impacto de estos cambios en la calidad, desempeño, composición y cumplimiento de las regulaciones del material u objeto producido.

5. Almacenamiento y transporte:

5.1. Contar con un área suficiente para el almacenamiento de materias primas e insumos.

5.2. Las condiciones de almacenamiento deben evitar la adulteración, contaminación y deterioro de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas.

5.3. Contar con áreas de almacenamiento exclusivos para almacenar materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas.

5.4. Todo producto y material almacenado debe cumplir con los requisitos de rotulación establecidos en el numeral 3 del artículo 15 del presente reglamento técnico.

5.5. El vehículo que transporte materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y

bebidas, debe garantizar que estos productos no se transporten conjuntamente con sustancias peligrosas y otras que por su naturaleza representen riesgo de contaminación.

Artículo 14. Responsabilidad. Toda persona natural o jurídica que se dedique a la distribución o comercialización de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas, serán responsables del cumplimiento de las normas sanitarias.

CAPÍTULO III

Rotulado o etiquetado y leyendas obligatorias

Artículo 15. Rotulado o etiquetado y leyendas obligatorias. Los requisitos de rotulado o etiquetado y leyendas obligatorias para la comercialización de materiales, objetos, envases y equipamientos, que aún no estén en contacto con alimentos y bebidas, en el embalaje o en los documentos que acompañe el envío debe llevar la siguiente información:

1. La leyenda: "para contacto con alimentos y bebidas", dicha información figurará con caracteres visibles, claramente legibles e indelebles.
2. Nombre o razón social y la dirección del fabricante.
3. Rotulación o identificación (códigos numéricos, alfanuméricos, barras, perforaciones, entre otros), que permitan la trazabilidad del material, objeto, envase o equipamiento destinado a entrar en contacto con alimentos y bebidas.
4. En el caso de materiales, objetos, envases y equipamientos activos; información sobre el uso o los usos permitidos, nombre y cantidad de las sustancias liberadas por el componente activo; a fin de que los alimentos y bebidas que entren en contacto con ellas, puedan cumplir las disposiciones que les apliquen, incluidas las inherentes al etiquetado.

CAPÍTULO IV

Trazabilidad

Artículo 16. Trazabilidad. Los importadores, distribuidores,

comercializadores y fabricantes de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas, deben asegurar la trazabilidad de los materiales, objetos, envases y equipamientos en todas las etapas de su producción y comercialización, para facilitar el control, retiro de los productos defectuosos, e información de los consumidores.

TÍTULO IV

PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS

CAPÍTULO I

Inspección, vigilancia y control

Artículo 17. Inspección, vigilancia y control. Corresponde al Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), y a las Direcciones Territoriales de Salud, ejercer las funciones de inspección, vigilancia y control conforme a lo dispuesto en la [Ley 715 de 2001](#) y a los literales b) y c) del artículo 34 de la [Ley 1122 de 2007](#), para lo cual podrán aplicar las medidas de seguridad e imponer las sanciones correspondientes, de conformidad con lo establecido en los artículos 576 y siguientes de la [Ley 09 de 1979](#) y se regirán por los procedimientos establecidos en el Capítulo XII y XIV del [Decreto 3075 de 1997](#) o en las normas que lo modifiquen, adicionen o sustituyan.

Artículo 18. Visitas de inspección. Con base en el riesgo asociado, la autoridad sanitaria competente, practicará visitas a los establecimientos que elaboran materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas para consumo humano.

Artículo 19. Evaluación de la conformidad. Se entiende como evaluación de la conformidad, los procedimientos que se utilizarán, directa o indirectamente, para determinar que se cumplen los requisitos establecidos en el presente reglamento técnico.

Artículo 20. Revisión y actualización. Con el fin de mantener actualizadas las disposiciones del presente reglamento técnico, el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces, lo revisará en un término no mayor a cinco (5) años contados a partir de la fecha de entrada en vigencia, o antes, si se identifica que las causales que motivaron su expedición fueron modificadas o desaparecieron.

CAPÍTULO II

Disposiciones finales

Artículo 21. Notificación. El Reglamento Técnico que se establece con la presente resolución será notificado a través del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en el ámbito de los convenios comerciales en que sea parte Colombia.

Artículo 22. Vigencia y Derogatorias. De conformidad con el numeral 5 del artículo 9° de la Decisión 562 de 2003 de la Comisión de la Comunidad Andina, el presente reglamento técnico, empezará a regir dentro de los nueve meses (9) siguientes contados a partir de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial**, para que las personas naturales o jurídicas que desarrollan actividades de fabricación, almacenamiento, comercialización, distribución, expendio de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano y los demás sectores obligados al cumplimiento de lo dispuesto en la presente resolución, puedan adaptar sus procesos y/o productos a las condiciones establecidas en el mismo y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

Notifíquese, publíquese y cúmplase.

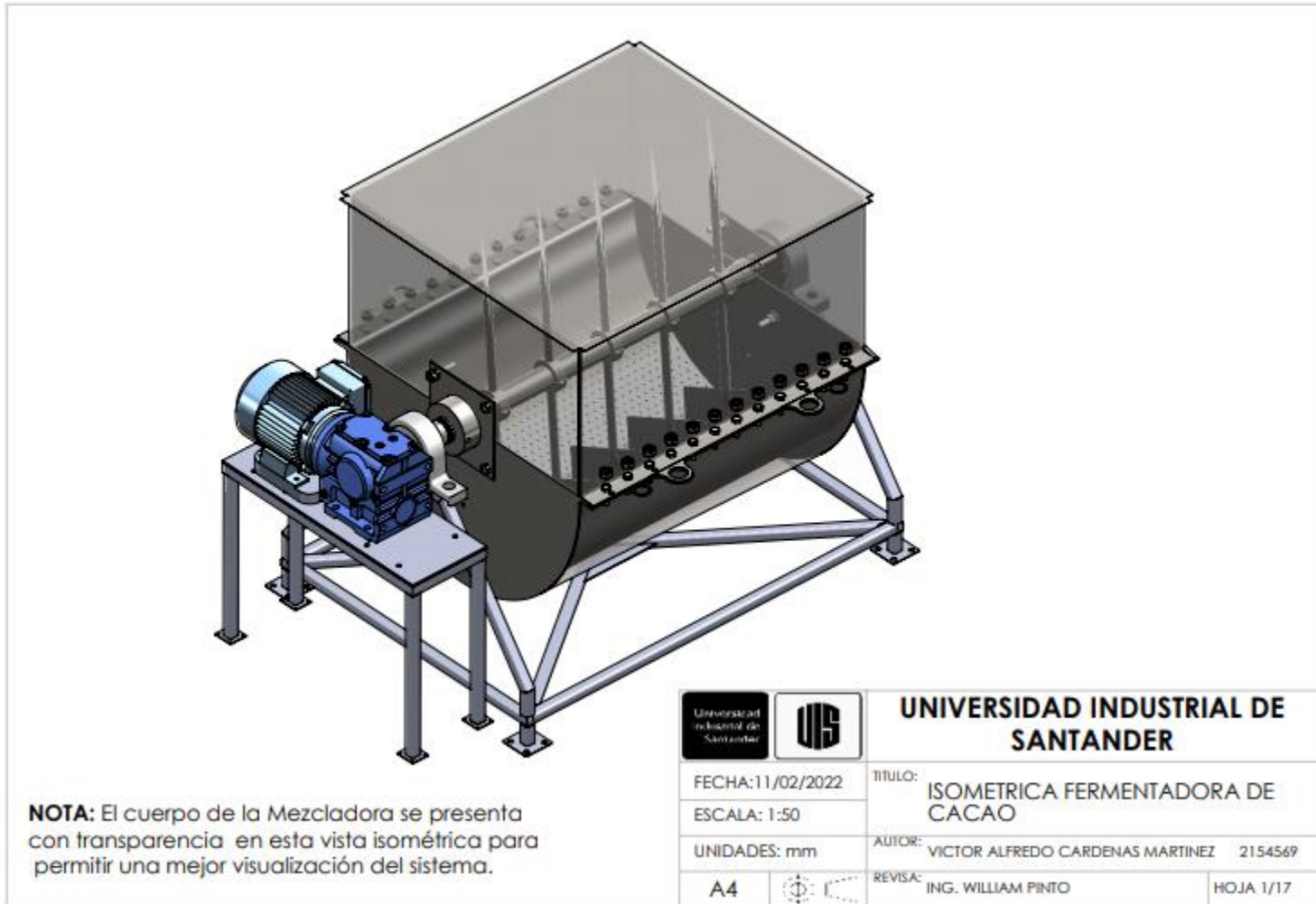
Dada en Bogotá, D. C., a 28 de marzo de 2012.

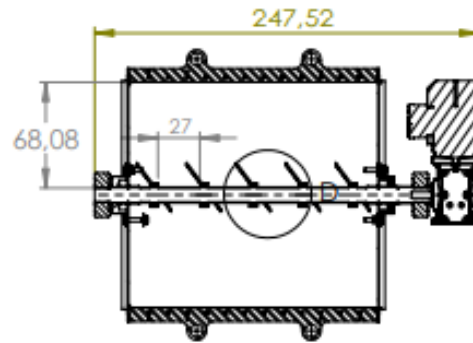
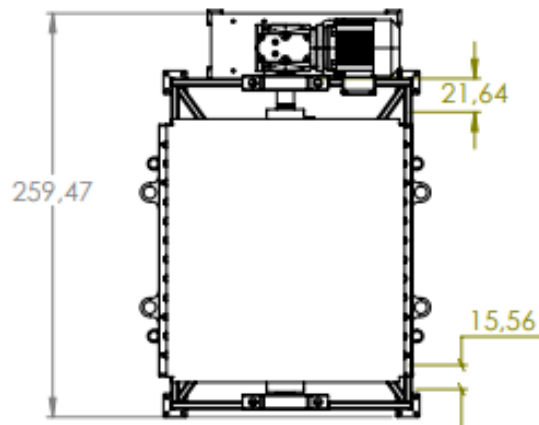
La Ministra de Salud y Protección Social,

Beatriz Londoño Soto.

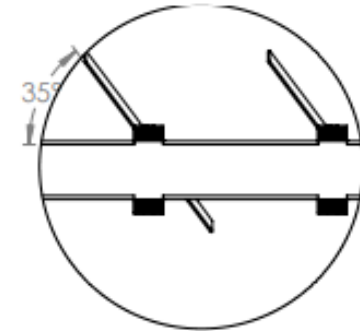
(C. F.).

Anexo B. Planos del equipo

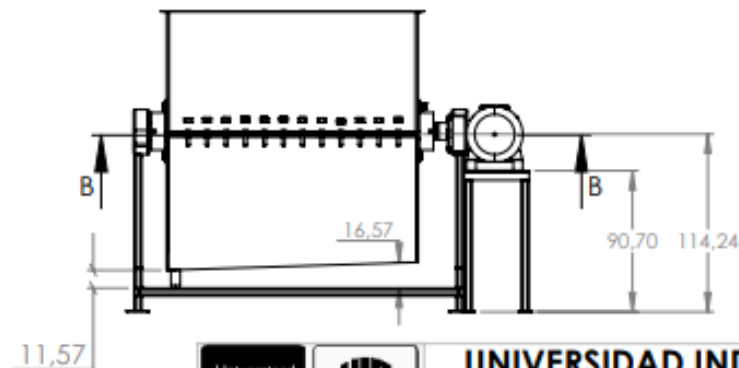
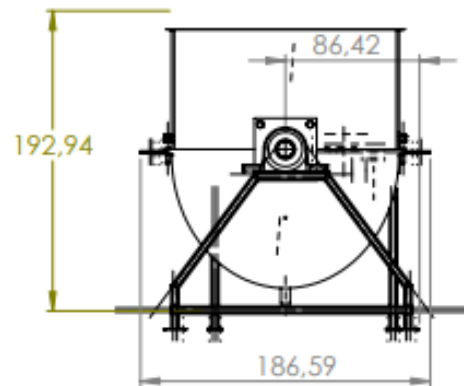




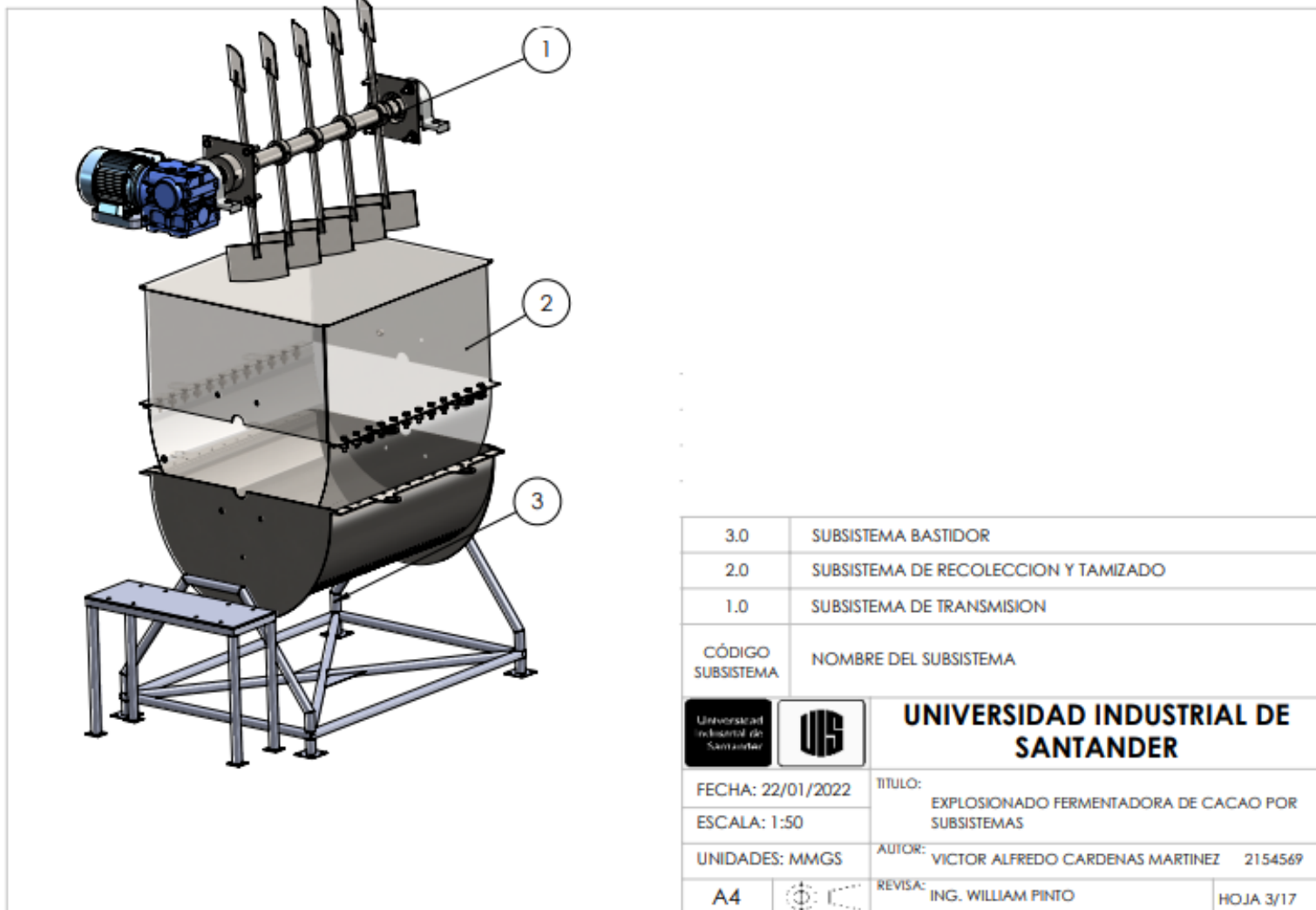
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 37

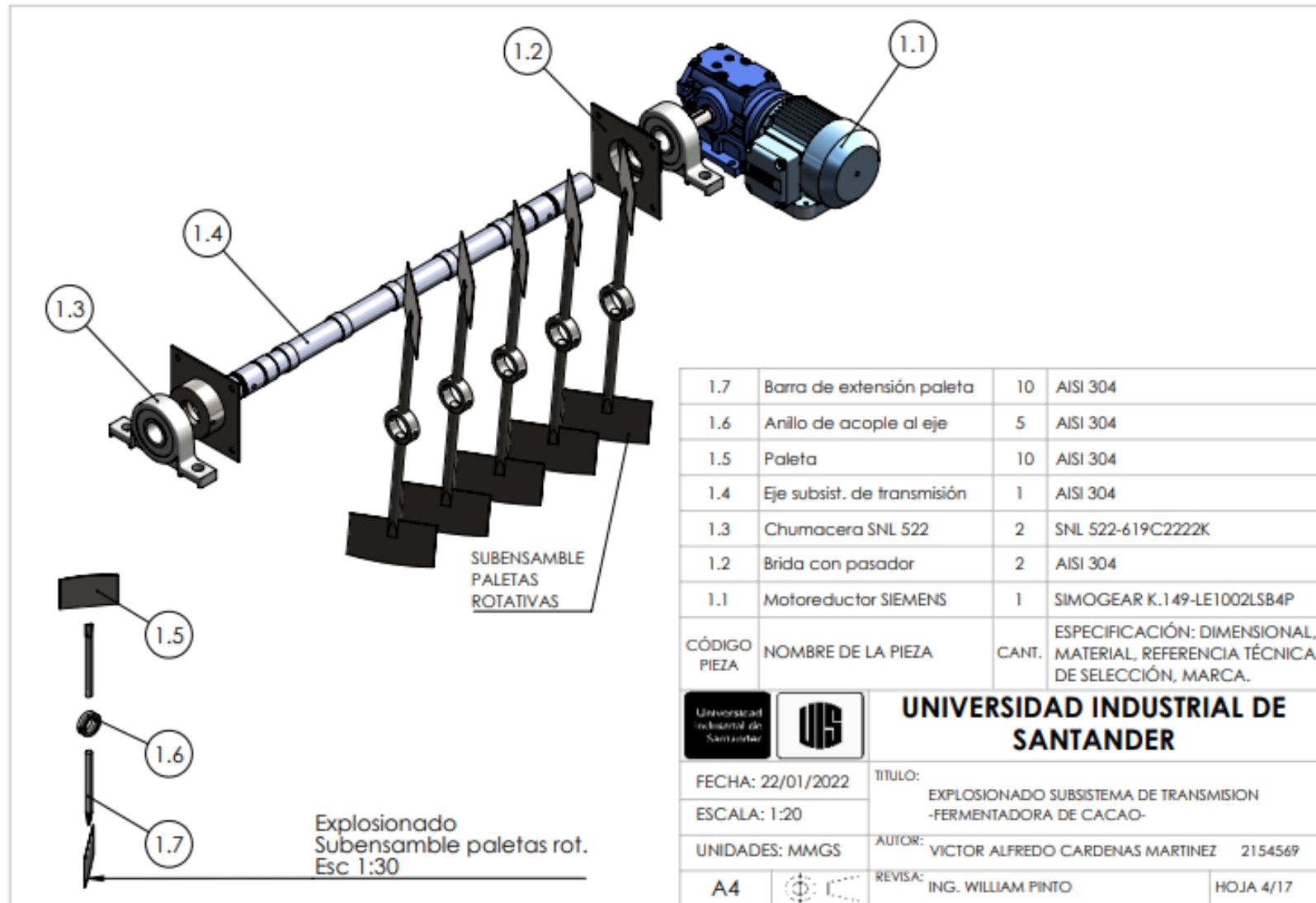


DETALLE D
ESCALA 1 : 10



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 11/02/2022	ESCALA: 1:50	TITULO: VISTAS PRINCIPALES & VISTA DE SECCIÓN	
UNIDADES: CGS		AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569	
		REVISTA:	

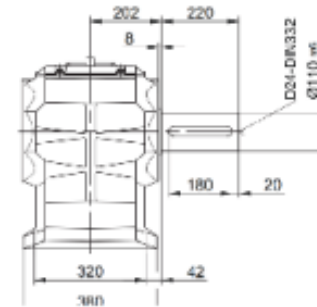
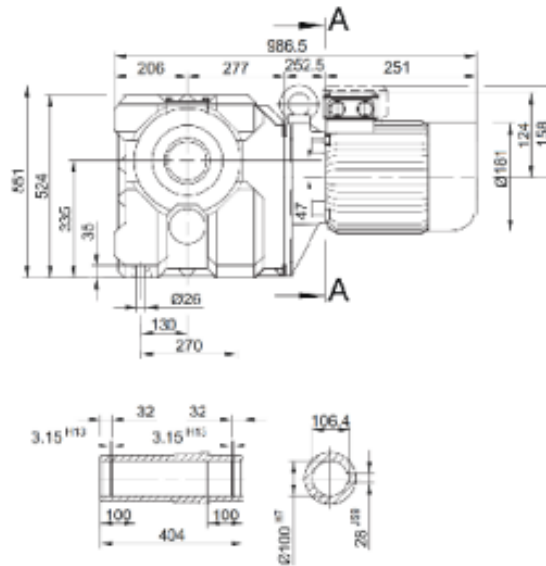
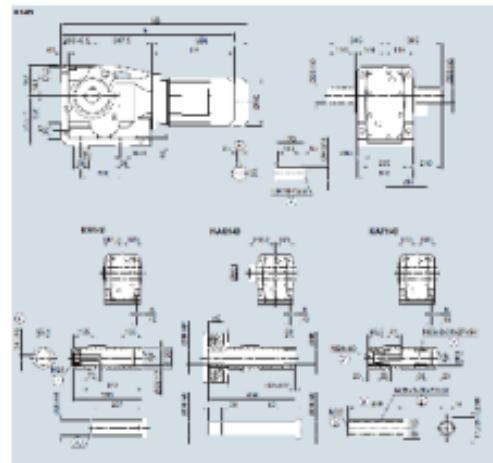




Dimensiones

E.110 gearless motor (with) design

PIEZ, A4/A4, A4/000, A4/000



Motor	LE	100L	160L	200L	250L	315L	400L	500L	630L	800L	1000L	1250L	1600L	2000L	2500L	3150L	4000L	5000L
ΔG	175.5	217.5	269.5	321.5	373.5	425.5	477.5	529.5	581.5	633.5	685.5	737.5	789.5	841.5	893.5	945.5	997.5	1049.5
ΔD ¹⁾	154.2	196.2	248.2	300.2	352.2	404.2	456.2	508.2	560.2	612.2	664.2	716.2	768.2	820.2	872.2	924.2	976.2	1028.2
Δ	154.0	196.0	248.0	300.0	352.0	404.0	456.0	508.0	560.0	612.0	664.0	716.0	768.0	820.0	872.0	924.0	976.0	1028.0
Δ0	153.5	195.5	247.5	299.5	351.5	403.5	455.5	507.5	559.5	611.5	663.5	715.5	767.5	819.5	871.5	923.5	975.5	1027.5
Δ1	153.0	195.0	247.0	299.0	351.0	403.0	455.0	507.0	559.0	611.0	663.0	715.0	767.0	819.0	871.0	923.0	975.0	1027.0
Δ2	152.5	194.5	246.5	298.5	350.5	402.5	454.5	506.5	558.5	610.5	662.5	714.5	766.5	818.5	870.5	922.5	974.5	1026.5

1) ΔD depends on the motor version, for other dimensions see page 54/2

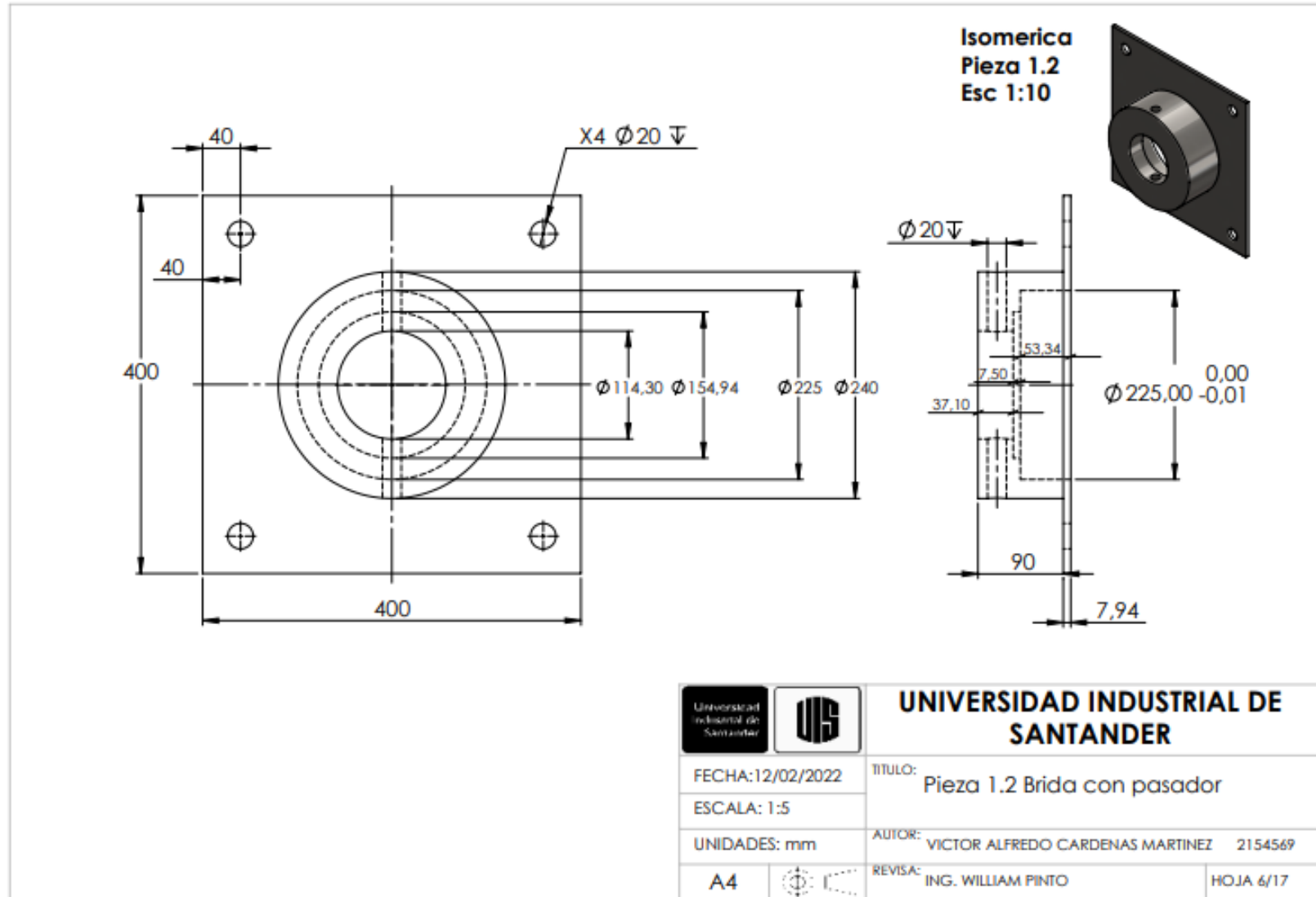
Siemens MD 50.1 - 2012



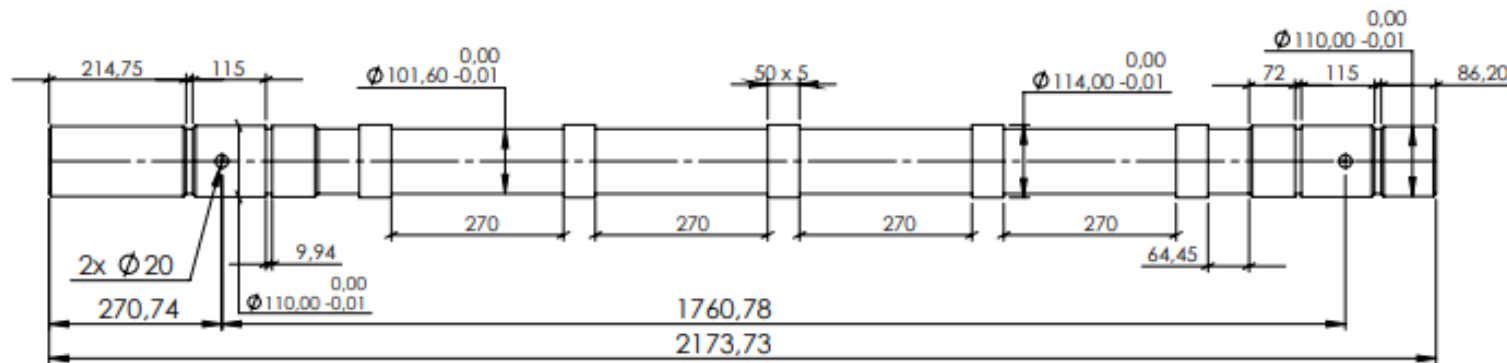
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 12/02/2022
 ESCALA: 1:10
 UNIDADES: mm
 A4

TITULO:
 Pieza 1.1 Motoreductor
 Simogear K.149- LE1002LSB4P
 AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569
 REVISAR: ING. WILLIAM PINTO
 HOJA 5/17

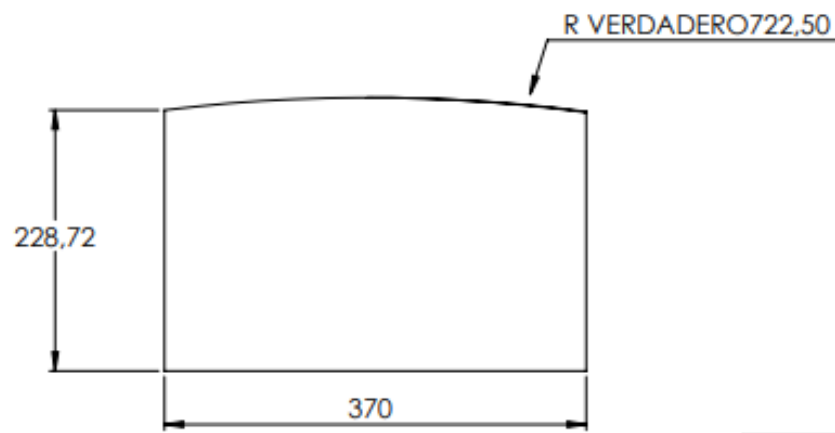


Vista lat.
Pieza 1.4
Esc 1:9

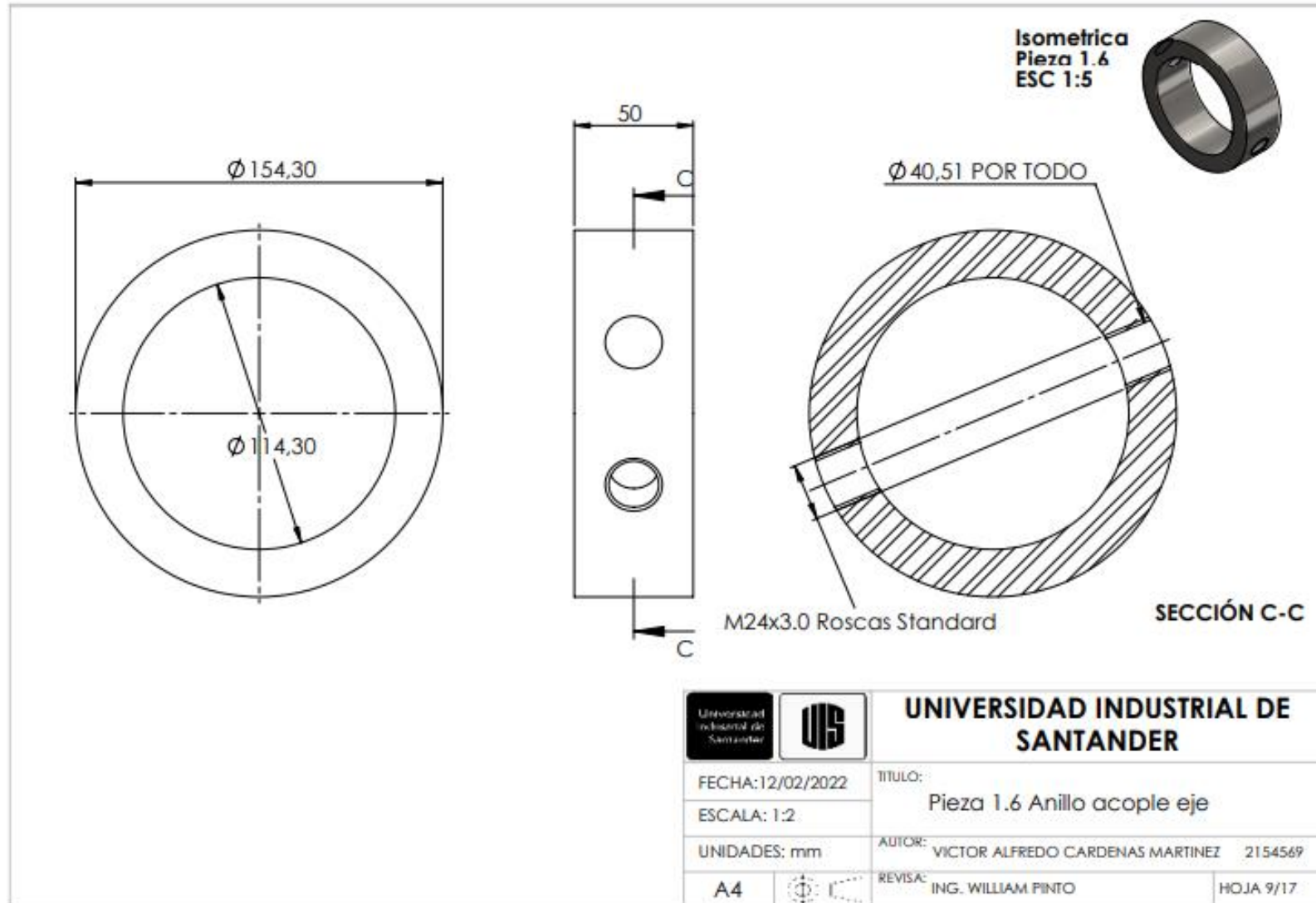


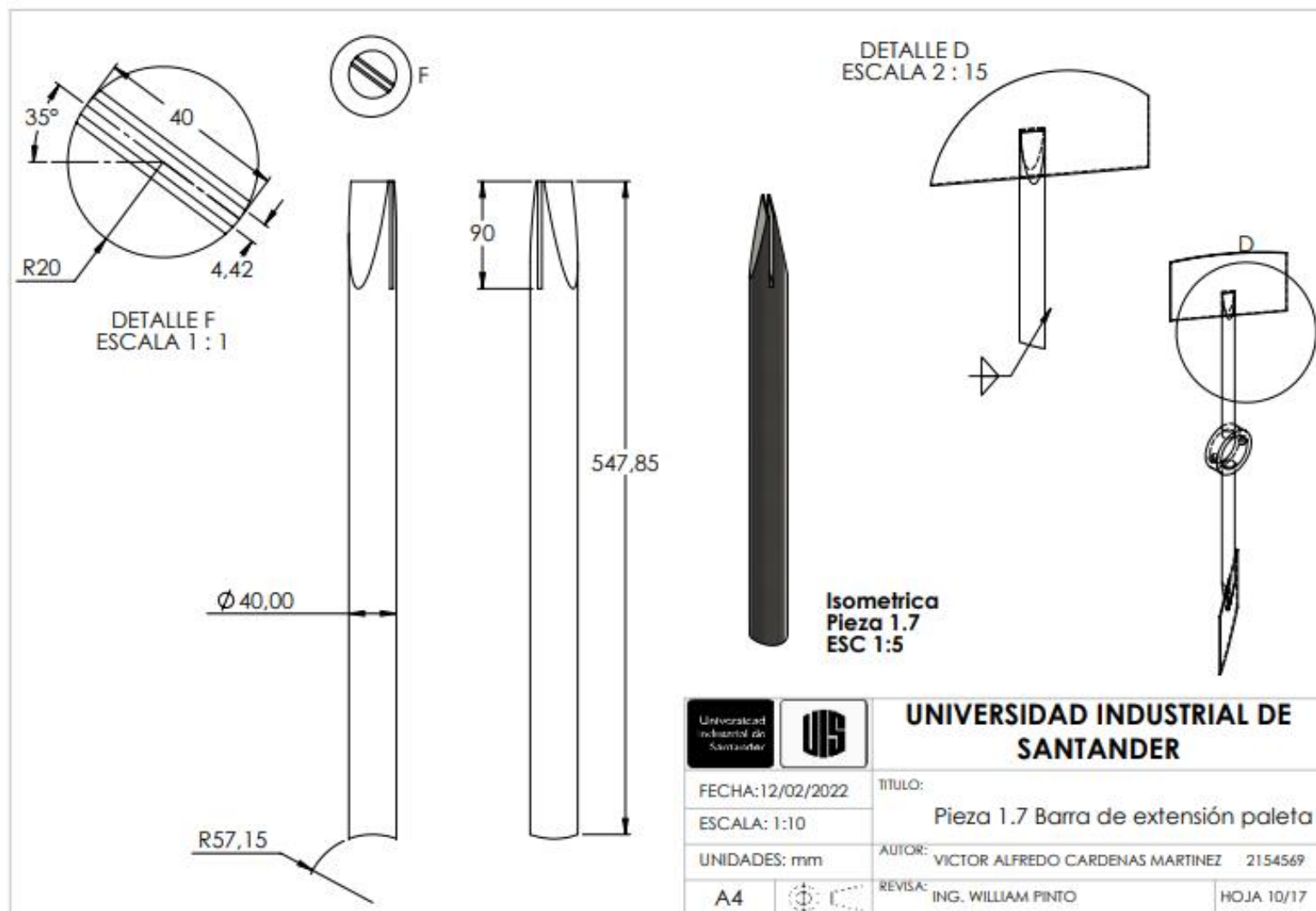
NOTA: Todos los chaflanes de 45°

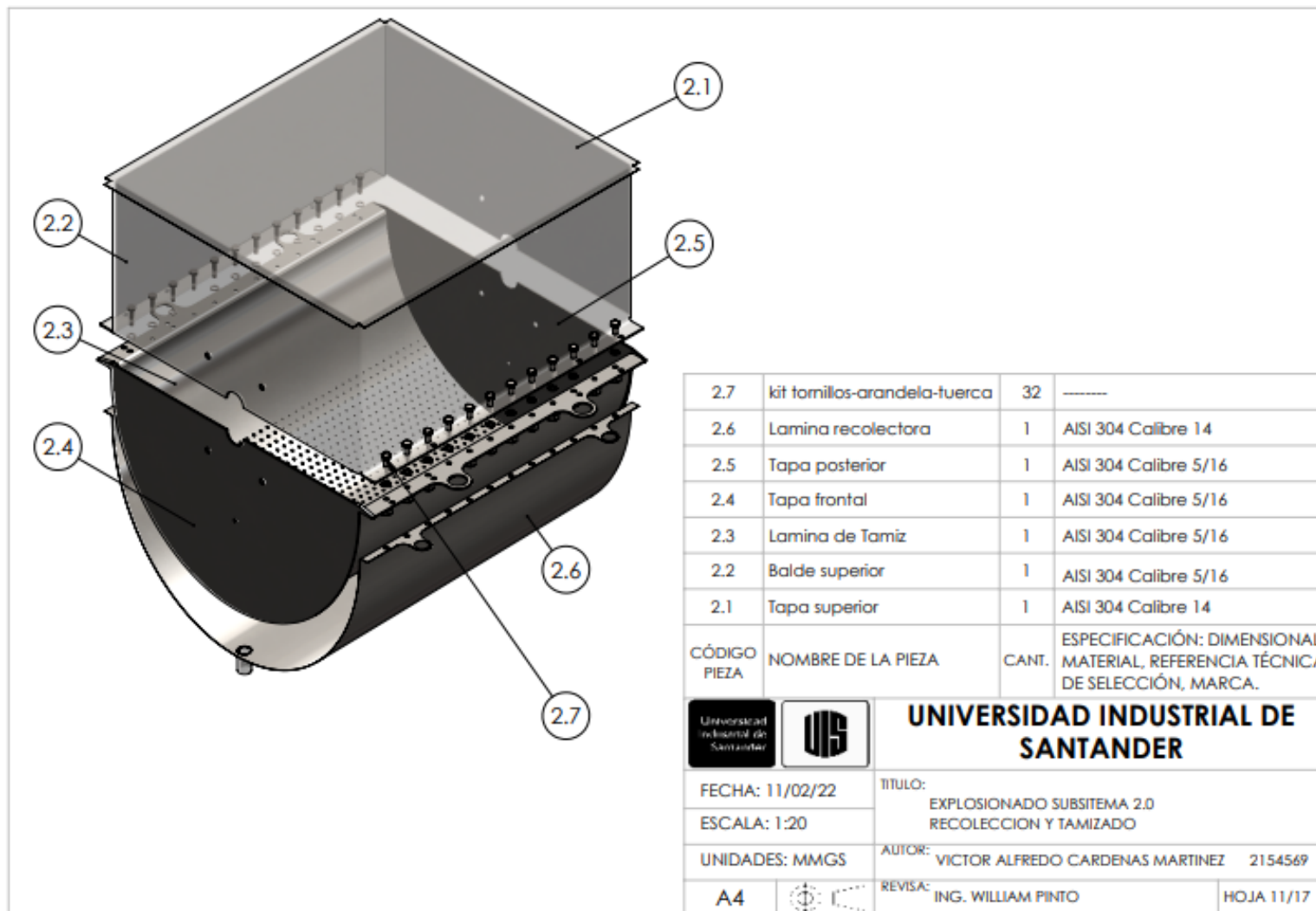
		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 12/02/2022		TITULO:	
ESCALA: 1:20		Pieza 1.4 Eje	
UNIDADES: mm		AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569	
A4		REvisa: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 7/17

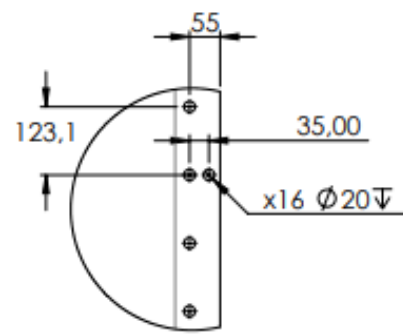
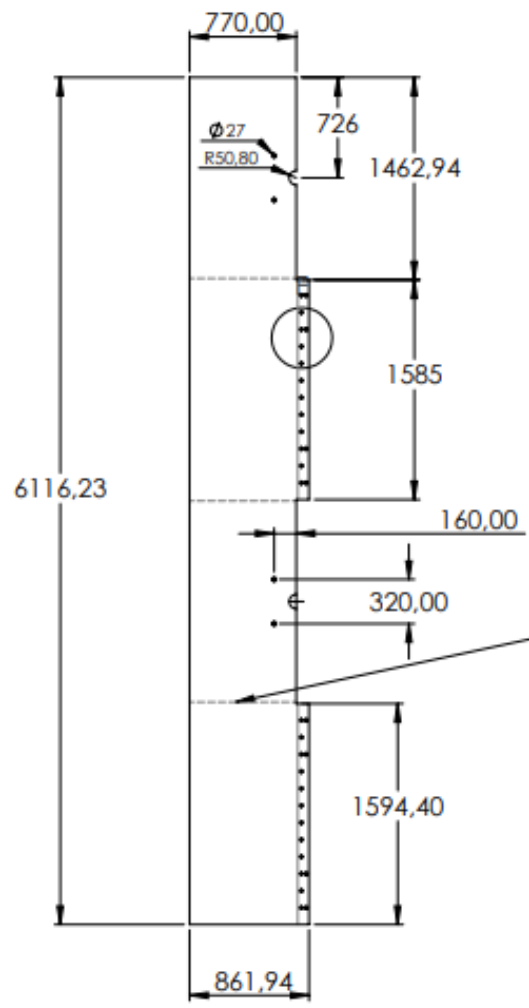


 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 12/02/2022		TITULO:	
ESCALA: 1:5		Pieza 1.5 Paleta	
UNIDADES: mm		AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569	
A4		REVIS: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 8/17

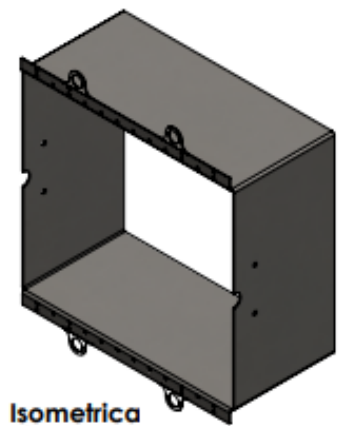








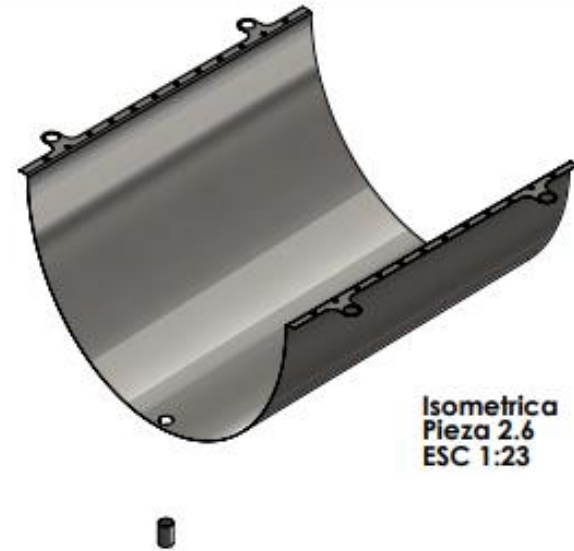
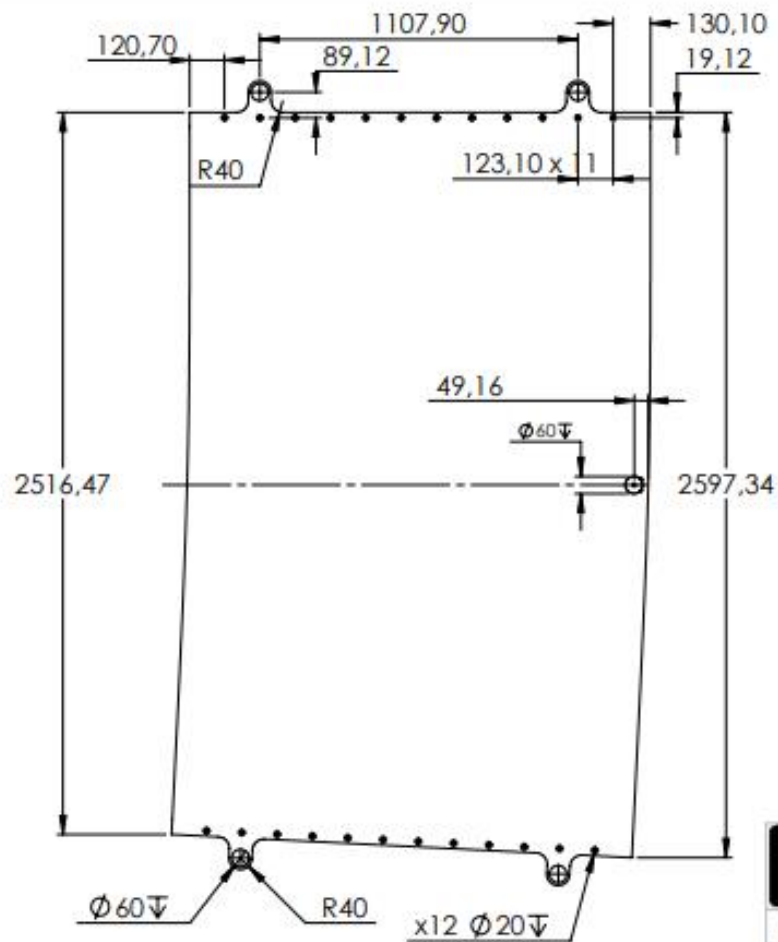
DETALLE E
ESCALA 1 : 10



Isometrica
Pieza 2.1
ESC 1:30

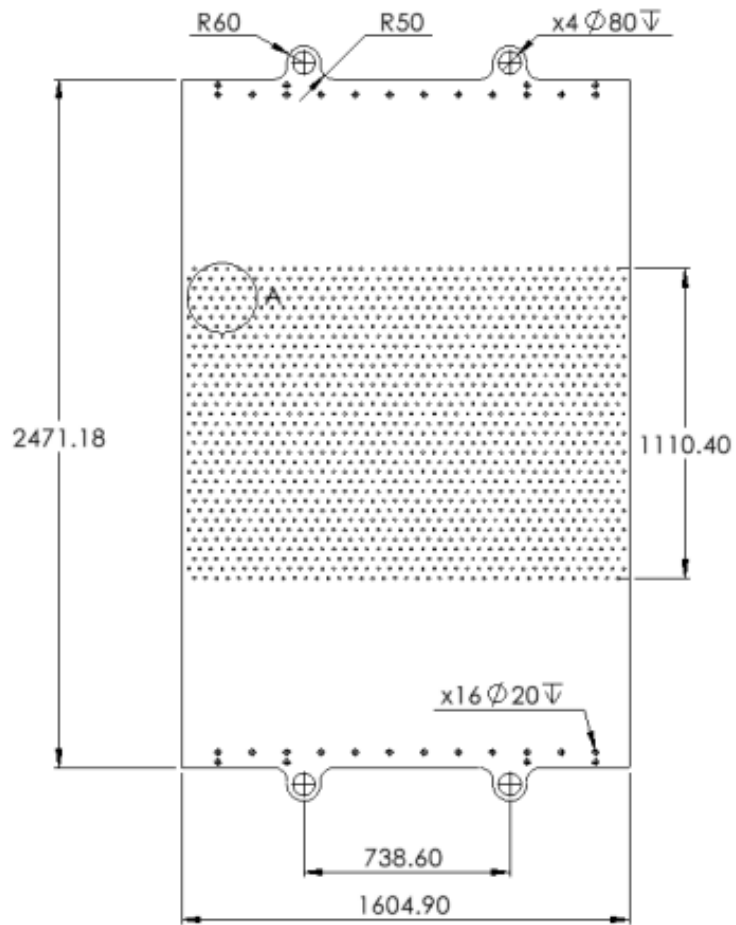
Nota: Radio de dobles de 10mm

 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 12/02/2022		TITULO: Pieza 2.1	
ESCALA: 1:40		Balde superior	
UNIDADES: mm		AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569	
A4		REVISAR: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 12/17

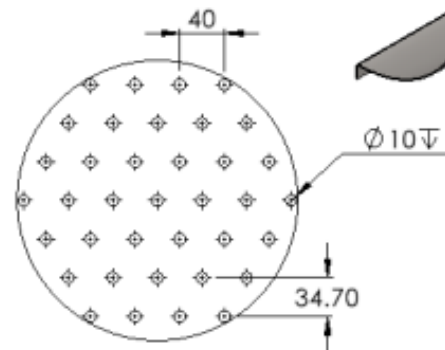
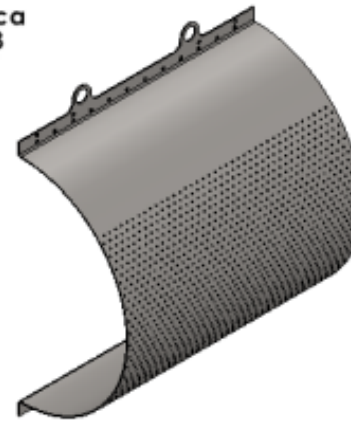


Isometrica
Pieza 2.6
ESC 1:23

 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 12/02/2022		TITULO: Pieza 2.6	
ESCALA: 1:20		Lamina recolectora	
UNIDADES: mm		AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569	
A4		REVISAR: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 13/17



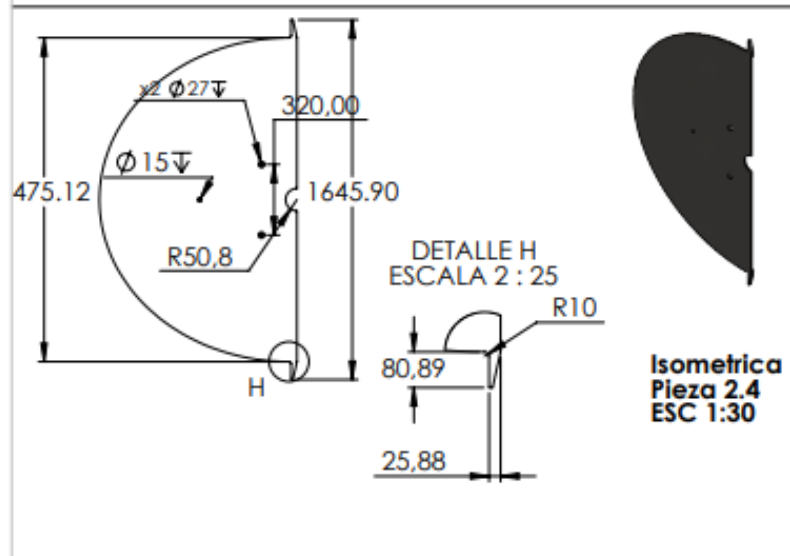
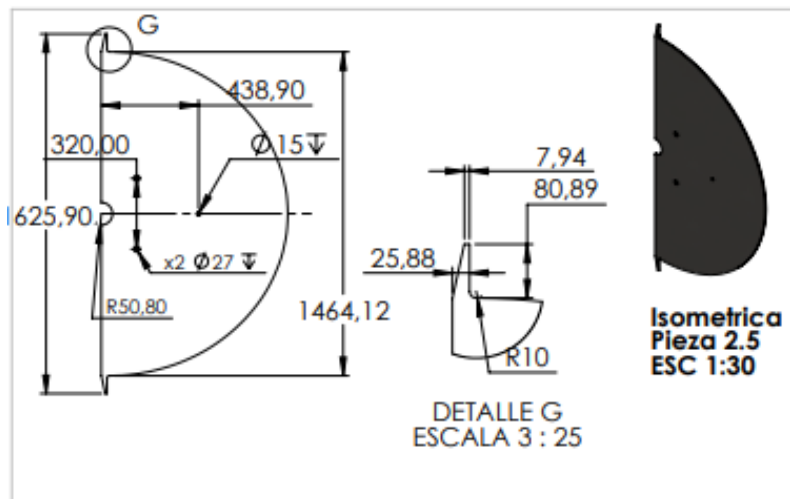
Isometrica
Pieza 2.3
ESC 1:27



DETALLE A
ESCALA 1 : 5

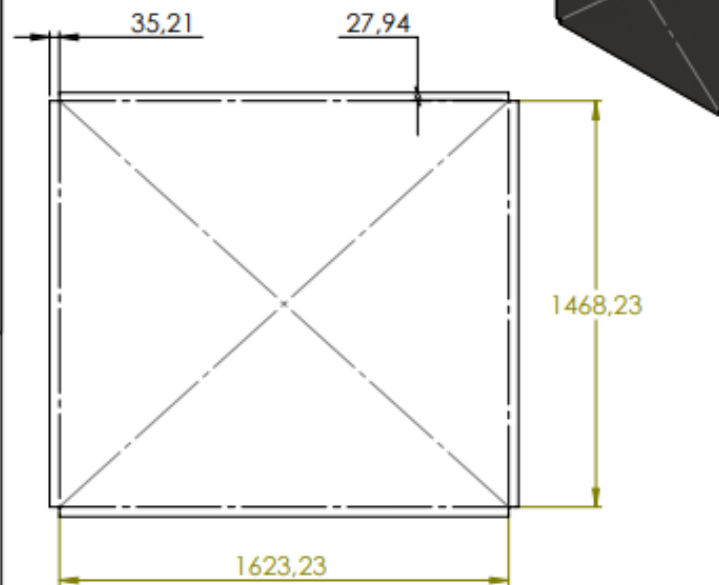
NOTA: * Lámina de acero inoxidable SAE 304 - Calibre 3

 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 30/01/2022		TITULO: Pieza 2.3	
ESCALA: 1:20		Lamina de tamiz	
UNIDADES: MMGS		AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569	
A4		REVISAR: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 14/17



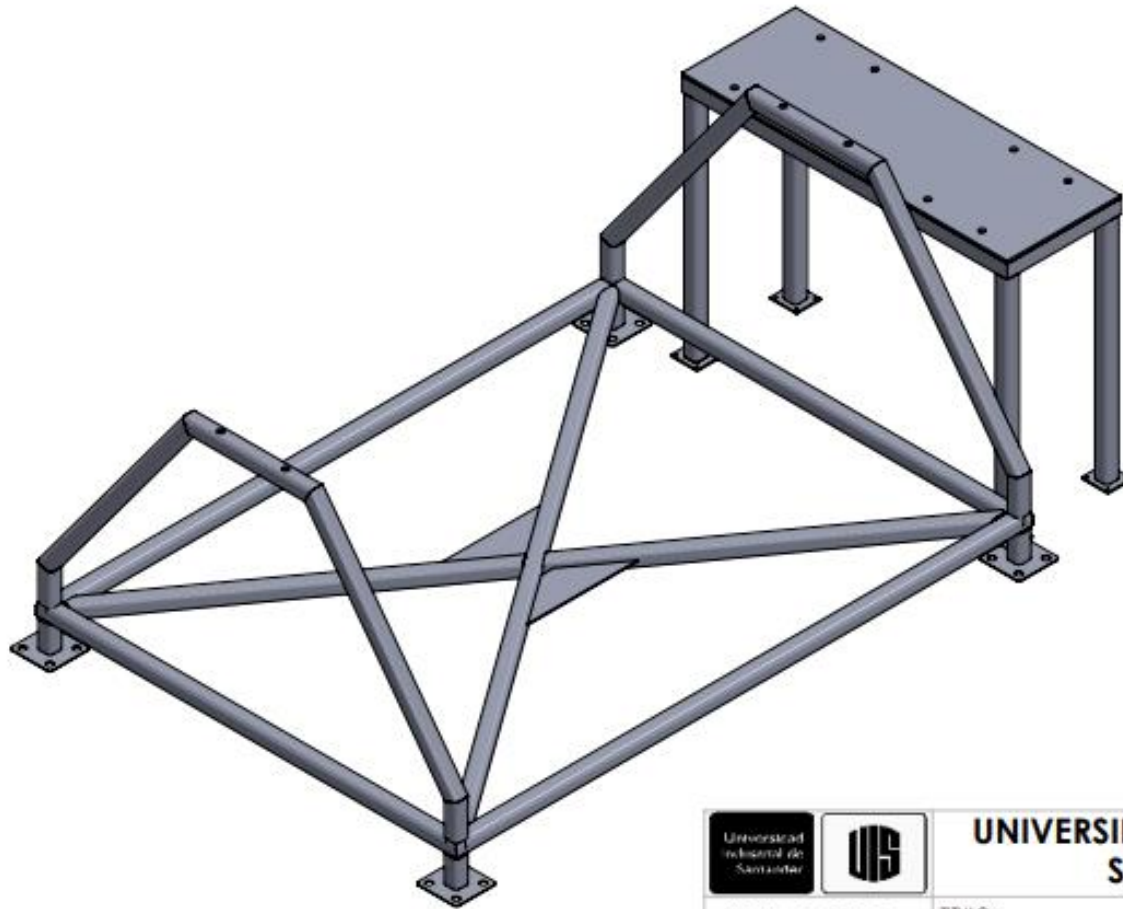
NOTA: * Lámina de
acero inoxidable
SAE 304 - Calibre 3
radio de pliegue 2 mm

Isométrica
Pieza 2.1
ESC 1:40

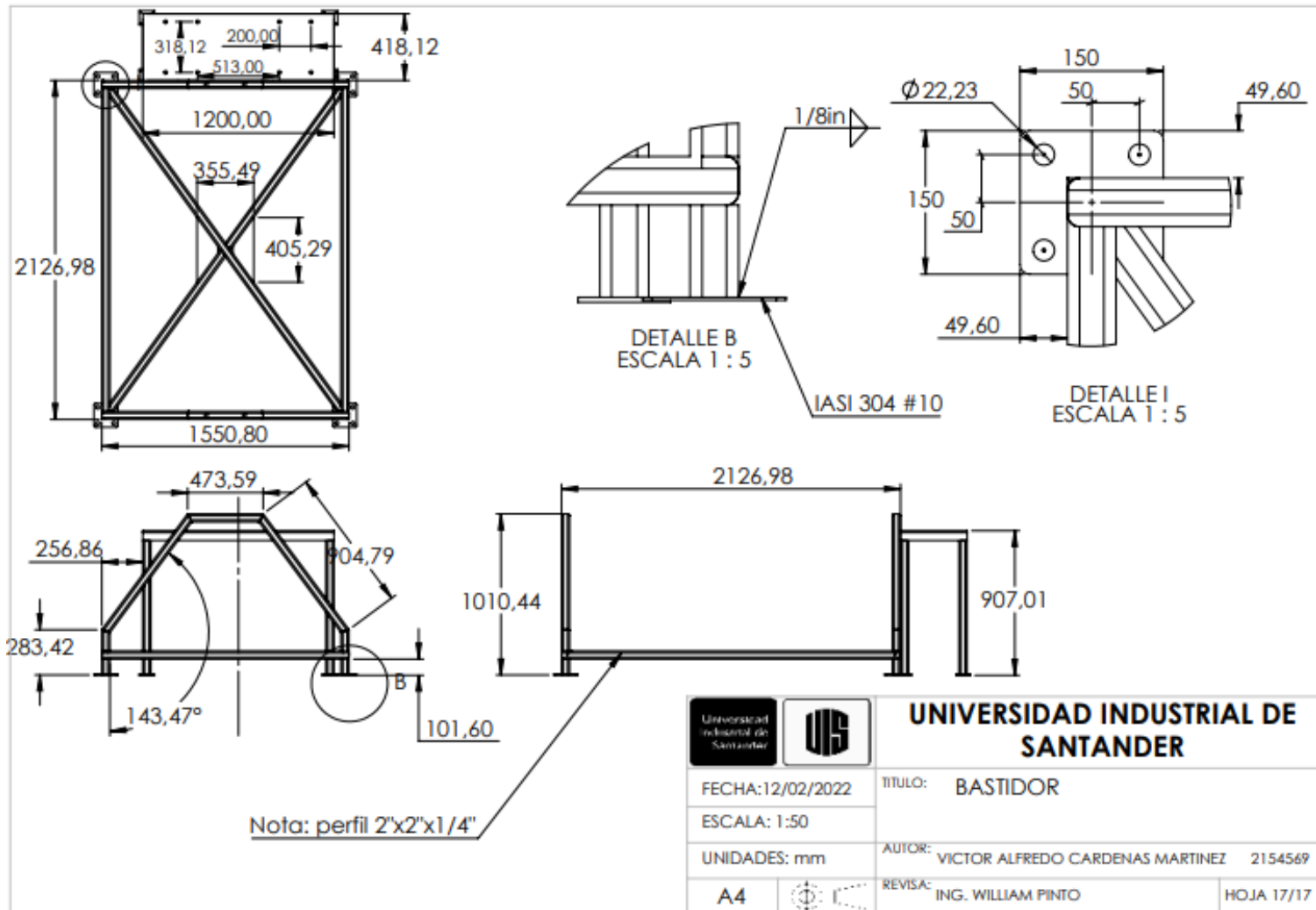


**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 12/02/2022	TITULO:	
ESCALA: 1:20	Piezas - 2.1 - 2.4 - 2.5	
UNIDADES: mm	AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ	2154569
A4	REVIS: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 15/17



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 24/01/22	TÍTULO: Explosionado subsistema Bastidor		
ESCALA: 1:15			
UNIDADES: MMGS	AUTOR: VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ 2154569		
A4		REVISAR: ING. WILLIAM PINTO	HOJA 16/17



Anexo C. Motorreductor seleccionado

SIEMENS

Datasheet for SIMOGEAR Geared Motors



MLFB-Ordering data : **2KJ3513-1FP23-9AH2-Z**
B1S+C7S+D21+K01+K06+L02+L7S+M6S+N2C+P80

Client order no.:	Item no.:
Order no.:	Consignment no.:
Offer no.:	Project:

Configured geared motor

Gearbox	Bevel gearbox K149	Motor type	1LE motor with Premium Efficiency LE100ZLSB4P
Transmission ratio	202.86 (285621 / 1408)	Motor power	3 kW
Mounting position	(D21) M1 output side B	Motor speed	1460 rpm
Mounting type gearbox	Foot-mounted design	Rated motor torque 50 Hz	19.62 Nm
Output shaft	V90 x 170 mm (Solid shaft with feather key)	Ventilation	Standard fan
Output shaft bearing	Standard bearing		
Gear oil	(K06) Mineral oil CLP VG220		
Output shaft sealing	Standard sealing		

Notices

Inspection

Environment temperature	40°C
Input power	3 kW
Input speed	1460 rpm
Output torque	3980.8 Nm
Output speed	7.2 rpm

Output side 1

Output side	B
Direction of output rotation	CCW (counter clockwise)
Reverse driving	No

Radial force

Radial force	0.00 N
Radial force is revolving or alternating	No
Distance to shaft shoulder	85.00 mm
Angle of attack	0.00°

Calculation results

Thermal load	56%
Oil temperature	50°C
Torque load	50%
Radial force utilization	7%

Standards for calculating:

- Shafts acc. to DIN 743
- Gear teeth acc. to DIN 3990, DIN 3991, DIN 3996
- Bearing system acc. to ISO 281, ISO 76
- Internal parallel key connection acc. to DIN 6892

The calculated oil sump temperature can deviate from the actual oil sump temperature by more than ±10 K.

SIEMENS

Datasheet for SIMOGEAR Geared Motors



29.208

MLFB-Ordering data : **2KJ3513-1FP23-9AH2-Z**
B15+C75+D21+K01+K06+L02+L75+M05+N2C+P00

Client order no. :
 Order no. :
 Offer no. :

Item no. :
 Configuration no. :
 Project :

Motor data																				
U	D/Y	f_n	P_n	P_{10}	I_n	n_n	T_n	IE-CL	Operating mode	n_2	T_2	t_2	η [%]	cos ϕ	I_{th}/I_n	T_{th}/T_n	T_{th}/T_n			
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[rpm]	[Nm]			[rpm]	[Nm]		4/4	3/4	2/4					
220	D	50	3.00	4.02	10.70	1,460	19.62	IE3	S1	7.20	3,980.8	2.01	87.7	88.4	88.2	0.83	7.30	2.30	2.70	2.50
380	Y	50	3.00	4.02	6.20	1,460	19.62	IE3	S1	7.20	3,980.8	2.01	87.7	88.4	88.2	0.83	7.30	2.30	2.70	2.50
440	Y	60	3.45	4.63	8.10	1,760	18.72	IE3	S1	8.68	3,797.6	2.11	89.5	90.1	89.8	0.84	7.60	2.20	2.80	2.40

Motor type: TLE motor with Premium Efficiency LE1002LS4F
 Number of poles: 4-pole
 Degree of protection: (K01) IP55
 Thermal class: 155 (F)
 Moment of inertia J_{mot} : 0.01400 kgm²

Terminal box position: (M05) 3C
 Electrical connection at terminal box: Cable gland metric
 Ventilation: Standard fan

Geared motor	
Type designation	SIMOGEAR K149-LE1002LS4F-L32N
Gearbox	Bevel gearbox K149
Mounting type gearbox	Foot-mounted design
Output shaft	V90 x 170 mm (Solid shaft with feather key)
Mounting position	(021) Mt output side B
Transmission ratio	202.86 (285621 / 1408)
Nominal torque	8,000 Nm
Gear oil	(006) Mineral oil CLP VG220
Oil charge	8.9 l
Specification	CE, UKCA (Europe / other countries)
Environment temperature	-15 ... +40 °C
Weight without oil	286.9 kg
Housing material first gearbox	Cast iron

Brake data	
Safety-evaluated design	No
Brake type (torque at 100 rpm)	(B15) L32 (22 Nm)
Safety factor k (at 50 Hz)	1.63
Supply voltage	(C75) 220V AC +10%
Rectifier	Standard
Brake design	Open-type (standard)
Working capacity	
per switching operation	24.0 kJ
until readjustment of air gap	212.0 MJ
until replacement of brake lining	948 MJ
Electrical data	
Coil voltage	100V DC
Current consumption	0.18 A
Power consumption at 20 °C	40 W
Switching times	
Application time	
AC switched	400 ms
AC/DC or DC switched	53 ms
Disconnection time	115 ms

Gearbox options	
Hollow shaft cover	Sealing cap
Output shaft bearing	Standard bearing
Output shaft sealing	Standard sealing
Gearbox breather	Pressure breather valve
Oil level control	Oil level screw
Oil drain	Oil drain plug

General options	
Surface treatments	Painted
Coating	(L02) Coating for normal environmental stress (C)
RAL Color	(L75) 7016 anthracite gray
Coating on flange	-
Packing	Standard packing

Motor options	
Motor protection	Without
Voltage tolerance +10%	(P00)

Legend			
U = Voltage	D/Y = Speed system	n = Geared motor output speed	cos ϕ = Power factor
D/Y = Output	n ₂ = Rated motor speed	T ₂ = Geared motor output torque	I _{th} = Maximum starting current
f = Frequency	C ₁₀ = Rated motor torque	t ₂ = Service factor	T _{th} = Relative starting torque
n = Rated motor power	B-CL = Efficiency class	η = Efficiency	T _h = Relative breakdown torque
		T _h On request	I _{th} = Relative average acceleration torque

MLFB-Ordering data

2KJ3513-1FP23-9AH2-Z

Option codes:

B15+C75+D21+K01+K06+L02+L75+M65+N2C+P80

Additional free text:

Displayed product type: SIMOGEAR bevel geared motor

Type designation: K149-LE100ZLSB4P-L32N

Motor type: LE100ZLSB4P

Oil volume [l]: 8.90

Weight without oil [kg]: 286.9

Operable temperature range: -15 ... +40 °C

Nominal output torque [Nm]: 8,000.0

Output torque 50 Hz [Nm]: 3,980.8

Output torque 60 Hz [Nm]: 3,797.6

Service factor 50 Hz: 2.01

Service factor 60 Hz: 2.11

Transmission ratio: 202.86

Output speed 50 Hz [rpm]: 7.20

Output speed 60 Hz [rpm]: 8.68

Specification: CE, UKCA (Europe / other countries)

1st Voltage 50 Hz [V]: 220 D

2nd Voltage 50 Hz [V]: 380 Y

1st Voltage 60 Hz [V]: 440 Y

2nd Voltage 60 Hz [V]: -

Voltage tolerance: (P80) Voltage tolerance +-10%

Rated power 50 Hz [kW]: 3.00

Rated power 60 Hz [kW]: 3.45

Operating mode: S1

Data part 1 on rating plate: S1 IE3 50 Hz | S1 IE3 60 Hz

Data part 2 on rating plate: (N2C) 220 VD / 380 VY +-10% 50 Hz 3.00 kW | 440 VY +-10% 60 Hz 3.45 kW

Rated speed nN 50 Hz [rpm]: 1,460

Rated speed nN 60 Hz [rpm]: 1,760
Rated motor torque 50 Hz [Nm]: 19.62
Rated motor torque 60 Hz [Nm]: 18.72
1st Rated current IN 50 Hz [A]: 10.70
2nd Rated current IN 50 Hz [A]: 6.20
1st Rated current IN 60 Hz [A]: 6.10
Rel. lock.-rot. current 50 Hz: 7.30
Rel. lock.-rot. current 60 Hz: 7.60
Number of poles: 4-pole
Efficiency Class 50 Hz: IE3
Efficiency Class 60 Hz: IE3
Mounting position: (D21) M1 output side B
Mounting type gearbox: Foot-mounted design
Output shaft dimensions [mm]: V90 x 170
Output shaft type: Solid shaft with feather key
Hollow shaft cover: Sealing cap
Output shaft sealing: Standard sealing
Output shaft bearing: Standard bearing
Gearbox oil: (K06) Mineral oil CLP VG220
Gearbox venting: Pressure breather valve
Oil level control: Oil level screw
Oil drain: Oil drain plug
Housing material first gearbox: Cast iron
Temperature class: Temperature class 155 (F)
Degree of protection: (K01) IP55
Ventilation: Standard fan
Terminal box position: (M65) 3C
Electrical connection: Terminal box: Cable gland metric
Brake type (torque at 100 rpm): (B15) L32 (32 Nm)
Safety-evaluated design: No
Supply voltage: C75
Friction Lining: Standard
Safety factor k (at 50 Hz): 1.63
W.cp. per switching op. [kJ]: 24.0
W.cp. tl adj. of air gap [MJ]: 212.0
W.cp. tl repl. of lining [MJ]: 948

Anexo D. Acople

DENFLEX

PESOS E INERCIA PARA TODAS LAS FORMAS CONSTRUCTIVAS PESOS E INÉRCIA PARA TODAS AS FORMAS CONSTRUTIVAS

Tamaño Tamanho	Valores Admisibles Valores Admissíveis		Serie RF Série RF		Serie FF Série RF		Serie FEF Série RF	
	T_{Kmax}	N_{max}	Peso	J	Peso	J	Peso	J
	[Nm] Torque Máximo Torque Máximo	[rpm] Rotación Máxima Rotação Máxima	[kg]	[kgm ²]	[kg]	[kgm ²]	[kg]	[kgm ²]
110	2500	8000	4.0	0.0054	3.9	0.0052	6.5	0.0097
115	5500	6500	9.1	0.0204	9.0	0.0197	14.0	0.0356
120	10625	5600	15.0	0.0450	14.0	0.0414	22.0	0.0722
125	18750	5000	27.0	0.1113	27.0	0.1070	39.0	0.1791
130	30250	4400	41.0	0.2098	40.0	0.2015	56.0	0.3246
135	46250	3900	65.0	0.4667	61.0	0.4388	87.0	0.7112
140	77500	3600	97.0	0.8856	95.0	0.8460	128.0	1.3007
145	105000	3200	132.0	1.4399	130.0	1.3686	170.0	2.0027
150	141500	2900	193.0	2.7284	190.0	2.6048	260.0	3.9857
155	212500	2650	256.0	4.2146	230.0	3.8940	310.0	5.8523
160	226250	2450	312.0	5.6461	300.0	5.1480	360.0	6.5707
170	350000	2150	500.0	12.0638	470.0	11.1440	570.0	14.6859
180	437500	1750	680.0	15.7200	680.0	18.6500		
190	575000	1550	950.0	27.8300	940.0	32.5400		
200	787500	1450	1220.0	41.3300	1250.0	50.9200		
210	1037500	1330	1590.0	63.4200	1620.0	75.8900		
220	1400000	1200	2040.0	98.1900	2070.0	117.1000		

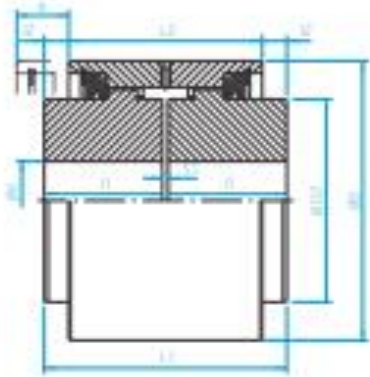
de acuerdo con el proyecto
conforme projeto

DENFLEX SERIE SÉRIE FLF

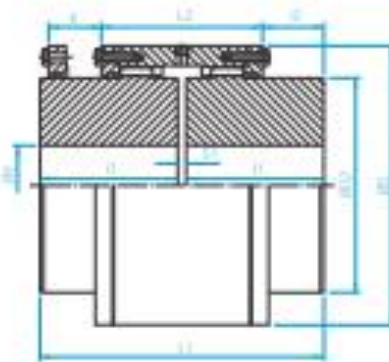
Acoplamiento compuesto por dos tubos de acero, interior y exterior, con dentado tipo abanico, montado por ambos lados. Se ofrece en dimensiones L40, 400 y 600.

Acoplamiento composto por dois tubos de aço, interno e externo, com dentes tipo abanico, montado por ambos lados. Está disponível em dimensões L40, 400 e 600.

Hasta el tamaño 135
Até o Tamanho 135



A partir del tamaño 140
A Partir do Tamanho 140



LISTA DE DATOS TÉCNICOS LISTA DE DADOS TÉCNICOS

Tamaño Tamanho	Valores Admisibles Valores Admissíveis			Dimensiones Dimensões					
	T_{EN} (Nm) Torque Nominal Torque Nominal	T_{Kmax} (Nm) Torque Máximo Torque Máximo	N_{max} (rpm) Rotación Máxima Rotação Máxima	d_{min} (mm)	$d_{max}^{(1)}$ (mm)	D (mm)	D_2 (mm)	L_1 (mm)	L_2 (mm)
110	1000	2500	8000	12	48	94	68	89	71
115	2200	5500	6500	18	65	117	87	102	84
120	4250	10625	5600	25	77	136	102	127	91
125	7500	18750	5000	30	100	166	129	159	106
130	12100	30250	4400	35	119	192	152	187	122
135	18500	46250	3900	50	132	212	171	219	156
140	31000	77500	3600	50	164	270	207	247	143
145	42000	105000	3200	50	182	305	230	278	160
150	56600	141500	2900	50	200	340	250	314	178
155	85000	212500	2650	50	225	370	277	344	186
160	90500	226250	2450	50	238	410	295	384	202
170	140000	350000	2150	50	290	470	347	452	222



SNL 522-619 + 22222 K + HE 322

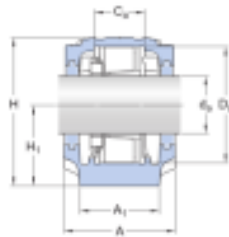
Soportes de pie SE y SNL para rodamientos montados sobre un manguito de fijación, con sellos estándares

Especificación técnica

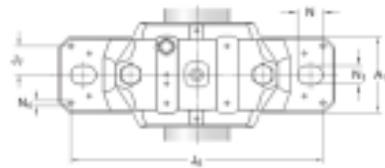
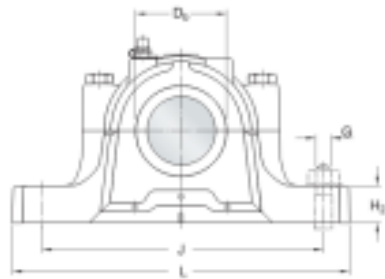
PRODUCTOS ADECUADOS

Soporte	SNL 522-619
Rodamiento (designación básica)	22222 K
Manguito de fijación	HE 322
Anillo de fijación	2 x FRB 13.5/200

DIMENSIONES



d_a	101.6 mm	Diámetro del eje
C_a	80 mm	Longitud del espacio interior
D_a	200 mm	Diámetro del asiento esférico
D_b	147.5 mm	Diámetro de la ranura del sello
A	175 mm	Ancho de la base
A_1	120 mm	Ancho de la pestaña
H	242 mm	Altura del soporte completo
H_1	125 mm	Altura del centro del asiento esférico
H_2	45 mm	Altura del pie
J	350 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
L	410 mm	Longitud total
	32	Longitud del agujero del



N	mm	tornillo de fijación (radial)
26		Ancho del agujero del tornillo de fijación (axial)
N1	mm	

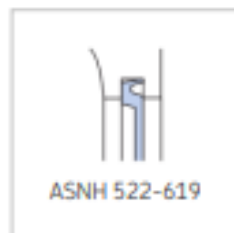
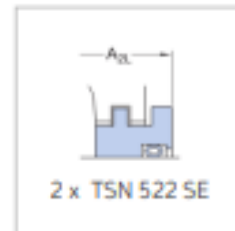
PASADORES

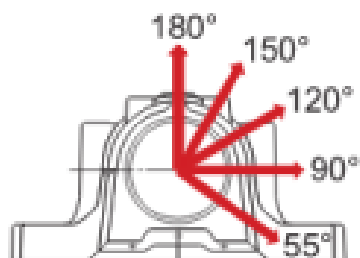
J ₀	378 mm	Distancia entre pasadores
J7	44 mm	Desplazamiento axial de los pasadores
max.8		Díámetro de los pasadores
N4	mm	

DIMENSIONES DEL SELLO

A2L	191 mm	Ancho a través de los sellos laberínticos
-----	--------	---

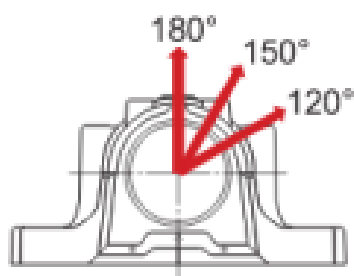
SELLOS Y TAPA LATERAL ADECUADOS





CARGAS DE ROTURA, SOPORTE

P_{Cr}	600 kN	Cargas de rotura
P_{55}	680 kN	Cargas de rotura
P_{90}	410 kN	Cargas de rotura
P_{12}	310 kN	Cargas de rotura
P_{15}	275 kN	Cargas de rotura
P_{18}	340 kN	Cargas de rotura
P_s	220 kN	Cargas de rotura



LÍMITE DE ELASTICIDAD, PERNOS DE TAPA

Q120°	620 kN	Capacidad de carga para pernos de tapa
Q150°	360 kN	Capacidad de carga para pernos de tapa
Q180°	310 kN	Capacidad de carga para pernos de tapa

MASA

Soporte de masa	22 kg
-----------------	-------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Perno de tapa, tamaño	M 20x100
Par de apriete recomendado para el perno de tapa	200 N·m
Tamaño de tornillos de fijación adecuados	G 24 mm
Tornillo de fijación adecuado, par de apriete recomendado	665 N·m
Llenado inicial de grasa, 20%	530 g

Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKG (publ.) (556007-3495 - Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir los siguientes términos y condiciones:

Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros.

Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

Cambios

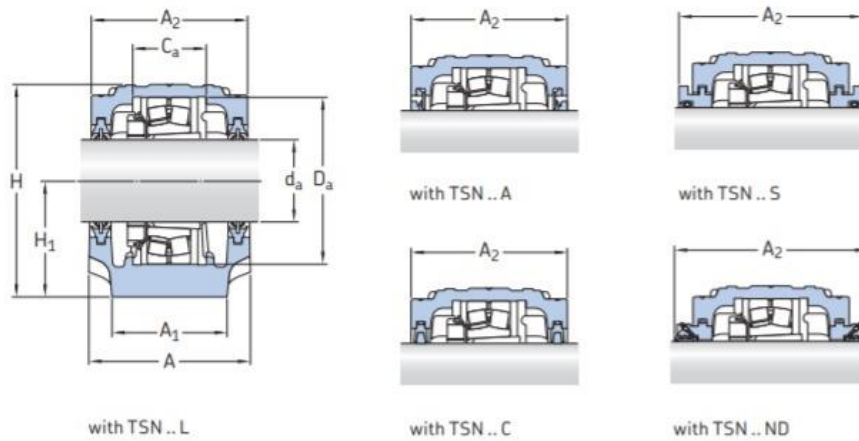
SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

Anexo F. Rodamiento

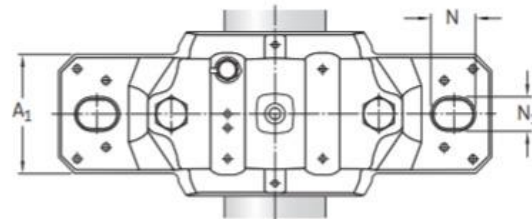
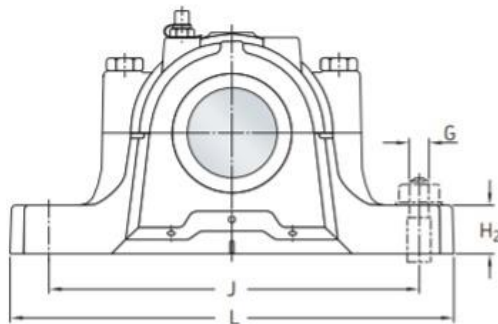
2.2 SNL and SE plummer block housings for bearings on an adapter sleeve, inch shafts

d_a 4 – 4 1/2 in.

101,6 – 114,3 mm



Shaft diameter d_a	Housing	Appropriate parts Bearing ¹⁾	Adapter sleeve ²⁾	Locating ring ³⁾	Seals	End cover	Width incl. seals A_2
in./mm	-	-	-	-	-	-	mm
4 101,6	SNL 522-619	1222 K 2222 KM 22222 EK B52-2222-2CS5K 23222 CCK/W33 C 2222 K	HE 222 HE 322 HE 322 HE 2322 E HE 2322 HE 322 E	FRB 21/200 FRB 13.5/200 FRB 13.5/200 FRB 8.5/200 FRB 5.1/200 FRB 13.5/200	TSN 522 L TSN 522 A TSN 522 C TSN 522 SE TSN 522 NDE	ASNH 522-619	175 175 175 191 250





C 2222 K

- Producto nuevo
- SKF System

Rodamientos de rodillos toroidales CARB

Datos de los rodamientos

Tolerancias

Normales, P5, agujero cónico con conicidad de 1:12, agujero cónico con conicidad de 1:30,

Juego radial interno,

agujero cilíndrico, agujero cónico

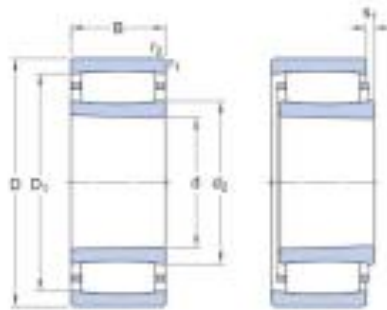
Interfaces del rodamiento

Tolerancias de los asientos

para condiciones estándar,

Tolerancias y ajuste resultante

Especificación técnica



DIMENSIONES

d 110 mm Diámetro del agujero

D 200 mm Diámetro exterior

B 53 mm Ancho

d_2 +132 mm Diámetro del resalte del aro interior

D_1 -176 mm Diámetro del resalte/rebaje del aro exterior

s_1 max.11.1 mm Desplazamiento axial admisible de un aro del rodamiento con respecto al otro desde la posición normal en rodamientos con jaula o en rodamientos completamente llenos de elementos rodantes cuando el desplazamiento se produce desde el aro de retención

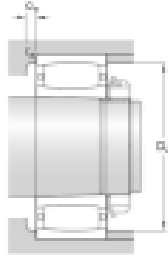
$r_{1,2}$ min. 2.1 mm Dimensión del chafán del aro exterior

Agujero cónico, conicidad de 1:12

DIMENSIONES DE LOS RESALTES

D_a min.161 mm Diámetro del resalte del soporte

D_a max.188 mm Diámetro del resalte del soporte



C_a	min. 1.9 mm	Resultado del soporte y el espacio axial en la cara lateral más grande/a ambos lados del anillo exterior
r_a	max. 2 mm	Radio de acuerdo
Un valor negativo para C_a		

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	530 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	620 kN
Carga límite de fatiga	P_u	64 kN
Velocidad de referencia		3 200 r/min
Velocidad límite		4 300 r/min
Factor de desalineación	k_1	0.113
Factor de juego de funcionamiento	k_2	0.103

MASA

Rodamiento de masa	6.85 kg
--------------------	---------

Más información

Detalles del producto	Información sobre ingeniería	Herramientas
Diseños y versiones	Principios para la selección de rodamientos	SimPro Quick
Datos de los rodamientos	Conocimientos generales sobre rodamientos	Bearing Select (Herramienta para la selección de rodamientos)
Cargas	Proceso de selección de rodamientos	Engineering Calculator (Herramienta para cálculos de ingeniería)
Límites de temperatura	Falla del rodamiento y cómo prevenirla	Housing Select (Herramienta para la selección de soportes)
Velocidad admisible		LubeSelect para grasas SKF
Consideraciones de diseño		Drive-up Method Program (Programa para el método de calado de rodamientos Drive-up)
Montaje		Herramienta para la selección de calentadores
Sistema de designación		Oil Injection Method Program (Programa para el método de inyección de aceite)
		Instrucciones de montaje y desmontaje de rodamientos
		Tool and Accessory Selector (Selector de herramientas y accesorios) para manguitos y ejes

Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKF (publ.) (556007-3495 - Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir las siguientes términos y condiciones:

Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

Anexo G. Termocupla

Descripción

Termocupla tipo K de uso Industrial para altas temperaturas (ej: 1200°C)
Funcionamiento de -100 a 1250°C

Material de la sonda: Acero inoxidable

Diámetro de la sonda: 5mm

Tamaño de la rosca: 8mm

Longitud de la sonda: 100mm

Cable longitud del Cable: 3 Metros

Blindaje externo de Cable: Trenzado de acero inoxidable

Cable de aislamiento interno: Fibra de vidrio



Conector: Conector de tipo pala


Funciona bien con controladores de temperatura PID (no incluido)

El Paquete Incluye:

1 x Termocupla Tipo K 1250°C 10cm 3 metros

Anexo H. Polipasto

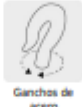




CÓDIGO: 16824 CLAVE: POL-1

Polipasto de 1 ton

- Sistema de frenado con doble trinquete que proporciona mayor seguridad
- Mecanismo de triple engranaje
- Levantamiento estándar **3 m**
- Ganchos de acero al cromo con giro de 360°





Ganchos de acero

Especificaciones

Capacidad de carga	1 t
Levantamiento estándar	3 m
Largo de cadena	3.20 m
Espesor de eslabón	6 mm
Apertura de gancho	26 mm
Peso neto	12 kg
Empaque individual	Caja

Imágenes complementarias



Anexo I. Cotizaciones

Fabricación



Mecánicas del Magdalena Medio RAGC SAS
NTT: 900897904-7

Barrancabermeja, 09 de Febrero de 2.022

Admon-22-02-01

Señores:

VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ

ASUNTO: COTIZACION DE FABRICACION FERMENTADORA DE CACAO

Respetados Señores:

Para nosotros como empresa es un agrado cotizarle los siguientes servicios de:

SERVICIO	CANTIDAD	VALOR
Suministro de láminas, ejes y tubo	Global	\$31.496.000
Suministro Chumacera referencia SNL 522-619+22222K+HE322	2	\$7.400.000
Suministro de rodamiento C 2222 k	2	\$4.480.136
Suministro de Acople	1	\$270.300
Mano de obra	Global	\$17.458.575
	SUBTOTAL	\$61.105.010
	IVA	\$11.609.952
	TOTAL	\$ 72.714.962

Nota: La fabricación será de acuerdo a las especificaciones del cliente, los precios pueden variar de acuerdo al momento de compra del material y la mano de obra.

una vez aceptada la cotización se requiere el cincuenta (50%) por anticipado y el restante contra entrega.

Atentamente,

RICARDO AUGUSTO GONZALEZ CUESTAS

Representante Legal

Copia: Archivo.

Avenida 36 No. 33-32 Barrio Palmita celular : 3118275178
Barrancabermeja

Motorreductor



Leon Tamayo, Leoncio Marcelo

para mí ▾

Hola Victor,

El precio es \$ 8.700 USD.

With best regards,
Leoncio Marcelo Leon Tamayo

Siemens S.A.

Mobile: +57 3144130513

leoncio.leon@siemens.com

From: victor cardenas <victoralfredocardenasmartinez@gmail.com>

Sent: lunes, 17 de enero de 2022 2:40 p. m.

To: Leon Tamayo, Leoncio Marcelo (RC-CO DI PR&TS MC) <leoncio.leon@siemens.com>

Subject: Re: COTIZACION MOTOREDUCTOR

2KJ3513-1FP23-9AH2-Z D21+G69+K01+K06+L02+L75+M63+N2C+N38+P80

...

Acople



Mecánicas del Magdalena Medio RAGC SAS
NTT: 900897904-7

Barrancabermeja, 09 de Febrero de 2.022

Admon-22-02-01

Señores:

VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ

ASUNTO: COTIZACION DE FABRICACION FERMENTADORA DE CACAO

Respetados Señores:

Para nosotros como empresa es un agrado cotizarle los siguientes servicios de:

SERVICIO	CANTIDAD	VALOR
Suministro de láminas, ejes y tubo	Global	\$31.496.000
Suministro Chumacera referencia SNL 522-619+22222K+HE322	2	\$7.400.000
Suministro de rodamiento C 2222 k	2	\$4.480.136
Suministro de Acople	1	\$270.300
Mano de obra	Global	\$17.458.575
	SUBTOTAL	\$61.105.010
	IVA	\$11.609.952
	TOTAL	\$ 72.714.962

Nota: La fabricación será de acuerdo a las especificaciones del cliente, los precios pueden variar de acuerdo al momento de compra del material y la mano de obra.

una vez aceptada la cotización se requiere el cincuenta (50%) por anticipado y el restante contra entrega.

Atentamente,

RICARDO AUGUSTO GONZALEZ CUESTAS

Representante Legal

Copia: Archivo.

Avenida 36 No. 33-32 Barrio Palmita celular : 3118275178
Barrancabermeja

Chumacera



Mecánicas del Magdalena Medio RAGC SAS
NTI: 900897904-7

Barrancabermeja, 09 de Febrero de 2.022

Admon-22-02-01

Señores:

VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ

ASUNTO: COTIZACION DE FABRICACION FERMENTADORA DE CACAO

Respetados Señores:

Para nosotros como empresa es un agrado cotizarle los siguientes servicios de:

SERVICIO	CANTIDAD	VALOR
Suministro de láminas, ejes y tubo	Global	\$31.496.000
Suministro Chumacera referencia SNL 522-619+22222K+HE322	2	\$7.400.000
Suministro de rodamiento C 2222 k	2	\$4.480.136
Suministro de Acople	1	\$270.300
Mano de obra	Global	\$17.458.575
	SUBTOTAL	\$61.105.010
	IVA	\$11.609.952
	TOTAL	\$ 72.714.962

Nota: La fabricación será de acuerdo a las especificaciones del cliente, los precios pueden variar de acuerdo al momento de compra del material y la mano de obra.

una vez aceptada la cotización se requiere el cincuenta (50%) por anticipado y el restante contra entrega.

Atentamente,

RICARDO AUGUSTO GONZALEZ CUESTAS
Representante Legal

Copia: Archivo.

Avenida 36 No. 33-32 Barrio Palmita celular : 3118275178
Barrancabermeja

Rodamiento



Mecánicas del Magdalena Medio RAGC SAS
NTT: 900897904-7

Barrancabermeja, 09 de Febrero de 2.022

Admon-22-02-01

Señores:

VICTOR ALFREDO CARDENAS MARTINEZ

ASUNTO: COTIZACION DE FABRICACION FERMENTADORA DE CACAO

Respetados Señores:

Para nosotros como empresa es un agrado cotizarle los siguientes servicios de:

SERVICIO	CANTIDAD	VALOR
Suministro de láminas, ejes y tubo	Global	\$31.496.000
Suministro Chumacera referencia SNL 522-619+2222K+HE322	2	\$7.400.000
Suministro de rodamiento C 2222 k	2	\$4.480.136
Suministro de Acople	1	\$270.300
Mano de obra	Global	\$17.458.575
	SUBTOTAL	\$61.105.010
	IVA	\$11.609.952
	TOTAL	\$ 72.714.962

Nota: La fabricación será de acuerdo a las especificaciones del cliente, los precios pueden variar de acuerdo al momento de compra del material y la mano de obra.

una vez aceptada la cotización se requiere el cincuenta (50%) por anticipado y el restante contra entrega.

Atentamente,

RICARDO AUGUSTO GONZALEZ CUESTAS

Representante Legal

Copia: Archivo.

Avenida 36 No. 33-32 Barrio Palmita celular : 3118275178
Barrancabermeja

Polipasto



Nuevo | 10 vendidos

Diferencial O Polipasto Industrial 1 Tonelada Truper



\$ 376.900

Hasta 48 cuotas



[Más información](#)

Llega gratis mañana FULL

Solo en zonas de Bogotá

Comprando dentro de las próximas 11 h 9 min

[Ver más formas de entrega](#)

Devolución gratis

Tienes 30 días desde que lo recibes.

[Conocer más](#)

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad (2 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Termocupla



Nuevo | 35 vendidos

**Termocupla Tipo K 1250°C
10cm 3 Metros Termopar
Industrial**

\$ 43.700

Hasta 48 cuotas



[Más información](#)

Envío a nivel nacional

Conoce los tiempos y las formas de envío.

[Calcular cuándo llega](#)

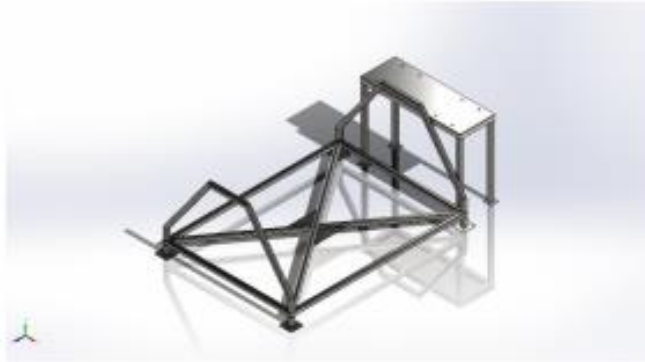
Devolución gratis

Tienes 30 días desde que lo recibes.

[Conocer más](#)

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad (6 disponibles)



Descripción
Simulación Bastidor

Simulación de SS Bastidor

Fecha: jueves, 10 de febrero de 2022
Diseñador: Víctor Cardeas
Nombre de estudio: Análisis estático 1
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

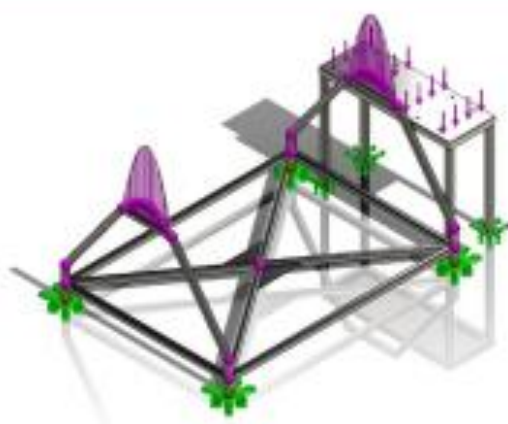
Descripción.....	1
Suposiciones	2
Información de modelo.....	3
Propiedades de estudio	12
Unidades.....	12
Propiedades de material	13
Cargas y sujeciones	15
Definiciones de conector.....	16
Información de contacto	16
Información de malla	16
Detalles del sensor.....	17
Fuerzas resultantes	17
Vigas	18
Resultados del estudio	24
Conclusión.....	26







Suposiciones






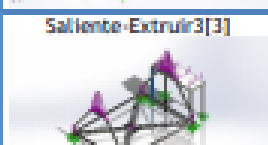
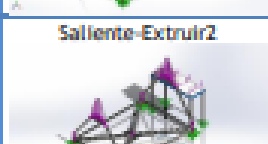
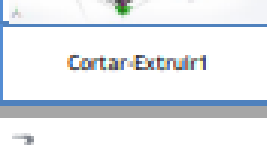
Información de modelo





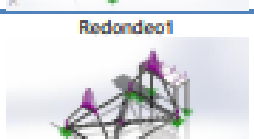
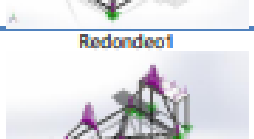
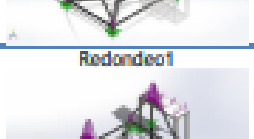
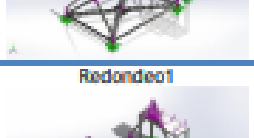


Nombre del modelo: SS Bastidor
Configuración actual: Predeterminado






Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Cortar-Extruir1	Sólido	Masa: 1,11618 kg Volumen: 0,000139522 m ³ Densidad: 8.000 kg/m ³ Peso: 10,9386 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\cartela 1.SLDPRT Jan 20 04:23:06 2022
 Cortar-Extruir1	Sólido	Masa: 1,11618 kg Volumen: 0,000139522 m ³ Densidad: 8.000 kg/m ³ Peso: 10,9386 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\cartela 1.SLDPRT Jan 20 04:23:06 2022
 Saliente-Extruir4[4]	Sólido	Masa: 0,23907 kg Volumen: 2,98838e-05 m ³ Densidad: 8.000 kg/m ³ Peso: 2,34289 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
 Saliente-Extruir4[1]	Sólido	Masa: 0,338166 kg Volumen: 4,22707e-05 m ³ Densidad: 8.000 kg/m ³ Peso: 3,31403 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño

			fermentadora de cacao/chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir3[1] 	Sólido	Masa:16,6681 kg Volumen:0,00208351 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:163,347 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir4[2] 	Sólido	Masa:0,338166 kg Volumen:4,22707e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:3,31403 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir3[4] 	Sólido	Masa:16,6681 kg Volumen:0,00208351 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:163,347 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir3[2] 	Sólido	Masa:16,6681 kg Volumen:0,00208351 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:163,347 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir3[3] 	Sólido	Masa:16,6681 kg Volumen:0,00208351 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:163,347 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:63,0948 kg Volumen:0,00788686 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:618,33 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:39,9385 kg Volumen:0,00499231 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño








		Peso:391,397 N	fermentadora de cacao/chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Saliente-Extruir4[3] 	Sólido	Masa:0,338166 kg Volumen:4,22707e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:3,31403 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao/chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,507373 kg Volumen:6,34216e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:4,97225 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao/platina.SLDPRT Jan 22 02:37:03 2022
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,507373 kg Volumen:6,34216e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:4,97225 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao/platina.SLDPRT Jan 22 02:37:03 2022
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,507373 kg Volumen:6,34216e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:4,97225 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao/platina.SLDPRT Jan 22 02:37:03 2022
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,507373 kg Volumen:6,34216e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:4,97225 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao/platina.SLDPRT Jan 22 02:37:03 2022
Sólidos de viga:			
Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido 1(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[17])	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:128,171mm	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao/chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022





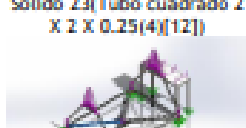


		Volumen:0,000131397m ³ Densidad:8.000kg/m ³ Masa:1,05118kg Peso:10,3016N	
Sólido 4(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(3)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:1,500mm Volumen:0,00153782m ³ Densidad:8.000kg/m ³ Masa:12,3025kg Peso:120,565N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Sólido 5(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(15)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:883,615mm Volumen:0,000905859m ³ Densidad:8.000kg/m ³ Masa:7,24688kg Peso:71,0194N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Sólido 6(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(16)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:883,615mm Volumen:0,000905861m ³ Densidad:8.000kg/m ³ Masa:7,24689kg Peso:71,0195N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Sólido 8(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(6)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:2,076,18mm Volumen:0,00212852m ³ Densidad:8.000kg/m ³ Masa:17,0282kg Peso:166,876N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022

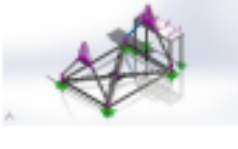
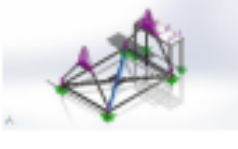


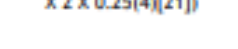


<p>Sólido 9(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(2))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:448mm Volumen:0,000459276m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:3,6742kg Peso:36,0072N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 11(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(14))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:128,171mm Volumen:0,000131399m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:1,05119kg Peso:10,3017N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 13(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(7))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:96,6mm Volumen:9,90334e-05m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:0,792267kg Peso:7,76422N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 16(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(11))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:1.500mm Volumen:0,00153782m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:12,3025kg Peso:120,565N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 17(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(9))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:2.076,18mm</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>






		Volumen:0,00212852m ³ Densidad:8,000kg/m ³ Masa:17,0282kg Peso:166,876N	
Sólido 18(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(18)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:128,171mm Volumen:0,000131399m ³ Densidad:8,000kg/m ³ Masa:1,05119kg Peso:10,3017N	C:\Users\Victor\Desktop\Final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Sólido 20(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(10)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:96,6mm Volumen:9,90334e-05m ³ Densidad:8,000kg/m ³ Masa:0,792267kg Peso:7,76422N	C:\Users\Victor\Desktop\Final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Sólido 21(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(4)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:448mm Volumen:0,000459276m ³ Densidad:8,000kg/m ³ Masa:3,6742kg Peso:36,0072N	C:\Users\Victor\Desktop\Final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022
Sólido 23(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(12)) 	Viga - Sección transversal uniforme	Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m ² Longitud:1,197,88mm Volumen:0,00122947m ³ Densidad:8,000kg/m ³ Masa:9,83573kg Peso:96,3902N	C:\Users\Victor\Desktop\Final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022



<p>Sólido 24(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[19])</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:883,615mm Volumen:0,000905859m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:7,24688kg Peso:71,0194N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 25(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[11])</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:2.449,27mm Volumen:0,00251379m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:20,1103kg Peso:197,081N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 26(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[20])</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:883,615mm Volumen:0,000905861m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:7,24689kg Peso:71,0195N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 27(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[5])</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:96,6mm Volumen:9,90334e-05m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:0,792267kg Peso:7,76422N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 28(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[21])</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:128,171mm</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>



		<p>Volumen:0,000131397m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:1,05118kg Peso:10,3016N</p>	
<p>Sólido 30(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(13))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:1.197,88mm Volumen:0,00122944m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:9,83551kg Peso:96,388N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>
<p>Sólido 31(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(8))</p> 	<p>Viga - Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment profiles/ansi Inch/square tube Área de sección: 0,00102519m² Longitud:96,6mm Volumen:9,90334e-05m³ Densidad:8.000kg/m³ Masa:0,792267kg Peso:7,76422N</p>	<p>C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\chasis.SLDPRT Feb 8 15:17:48 2022</p>

Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla mixta
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\SUBSISTEMAS)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2,06807e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 1,9e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,29</p> <p>Densidad: 8.000 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,5e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvín</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(cartela 1-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(cartela 1-2), Sólido 1(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(17))(chasis-1), Sólido 2(Saliente-Extruir4(4))(chasis-1), Sólido 3(Saliente-Extruir4(1))(chasis-1), Sólido 4(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(3))(chasis-1), Sólido 5(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(15))(chasis-1), Sólido 6(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(16))(chasis-1), Sólido 7(Saliente-Extruir3(1))(chasis-1), Sólido 8(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(6))(chasis-1), Sólido 9(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(2))(chasis-1), Sólido 10(Saliente-Extruir4(2))(chasis-1), Sólido 11(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(14))(chasis-1), Sólido 12(Saliente-Extruir3(4))(chasis-1), Sólido 13(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(7))(chasis-1), Sólido 14(Saliente-Extruir3(2))(chasis-1), Sólido 15(Saliente-Extruir4(4))(chasis-1), Sólido 16(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(1))(chasis-1), Sólido 17(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(9))(chasis-1), Sólido 18(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(18))(chasis-1), Sólido 19(Saliente-Extruir2)(chasis-1), Sólido 20(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(10))(chasis-1),</p>

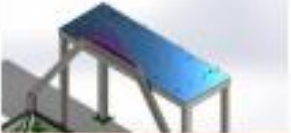

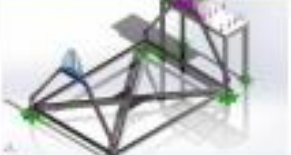


		<p>Sólido 21(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[4])(chasis-1), Sólido 22(Cortar-Extruir1)(chasis-1), Sólido 23(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[12])(chasis-1), Sólido 24(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[19])(chasis-1), Sólido 25(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[11])(chasis-1), Sólido 26(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[20])(chasis-1), Sólido 27(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[5])(chasis-1), Sólido 28(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[21])(chasis-1), Sólido 29(Saliente-Extruir4[3])(chasis-1), Sólido 30(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[13])(chasis-1), Sólido 31(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[8])(chasis-1), Sólido 1(Redondeo1)(platina-1), Sólido 1(Redondeo1)(platina-2), Sólido 1(Redondeo1)(platina-3), Sólido 1(Redondeo1)(platina-4)</p>
Datos de curva:N/A		



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0,00410539	64.985,3	0,000254706	64.985,3
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	1e-33

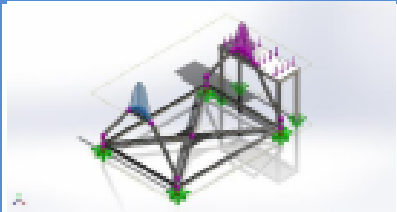
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 5.000 N
Fuerza-2		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Arista< 1 > Valores: ---; ---; -30.000 N Momentos: ---; ---; --- N.m Opciones de carga no uniforme: Total de distribución de carga Tipo: Distribución parabólica
Fuerza-3		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Arista< 1 > Valores: ---; ---; -30.000 N Momentos: ---; ---; --- N.m Opciones de carga no uniforme: Total de distribución de carga Tipo: Distribución parabólica



Definiciones de conector

No hay datos

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Interacción global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente

Información de malla

Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Tamaño de elementos	22,0463 mm
Tolerancia	1,10231 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden



Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes**Fuerzas de reacción**

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,00410539	64.985,3	0,000254706	64.985,3

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,000762999	-0,00530968	-0,00768693	0,00937357

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33



Vigas

Fuerzas de viga

Nombre de viga	Junta s	Axial(N)	Corte1(N)	Corte2(N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N.m)
Viga-1(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(17))	1	14.996,4	-0,28885	-11.012,7	1.209,53	-0,459	-1,03742
	2	14.996,4	0,28885	11.012,6	442,365	0,415677	1,03742
Viga-2(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(3))	1	14.591,3	0,0341347	-0,10709	-113,944	1,50001	-0,328479
	2	14.591,3	0,0341347	0,10709	113,784	-1,55121	0,328479
Viga-3(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(15))	1	18.605,4	78,1341	-0,435024	-0,0606321	-442,296	-0,596767
	2	18.605,4	-78,1752	0,359721	-0,290494	373,234	0,598417
Viga-4(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(16))	1	18.605,5	78,1412	0,362695	-0,956421	442,365	-0,587879
	2	18.605,5	-78,2465	-0,437999	0,602671	-373,255	0,589525
Viga-5(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(6))	1	1.237,58	-1,69921	15,6974	18,261	0,983423	-21,3423
	2	1.237,58	1,69921	-15,6999	14,3322	2,5444	21,3423
Viga-6(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(2))	1	21.417,3	-22,591	-15.013,7	-977,525	45,7467	-12,9997
	2	21.417,3	22,591	-14.978,9	969,731	-35,6259	12,9997
Viga-7(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(14))	1	14.996,3	0,398859	11.012,7	-1.209,6	0,471085	0,43913
	2	14.996,3	-0,398859	-11.012,7	-442,296	-0,411256	-0,43913
Viga-8(Tubo	1	15.958,3	525,344	-445,064	-161,488	2,23073	2,30865



cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(7)	2	15.958,3	-525,344	445,064	215,786	61,8612	-2,30865
Viga-9(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(1))	1	4.532,82	-195,702	-4.021,55	293,954	-44,8033	-50,3466
	2	5.645,76	188,779	-3.396,71	-549,528	-8,26653	-51,1963
Viga-10(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(9))	1	1.404,67	-0,215515	12,8511	15,6277	0,404441	20,5072
	2	1.404,67	0,215515	-12,854	11,0564	0,0430483	-20,5072
Viga-11(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(18))	1	12.689,9	-131,754	-7.743,03	718,485	-22,4389	1,17632
	2	12.689,9	131,754	7.742,97	442,964	2,67571	-1,17638
Viga-12(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(10))	1	14.999,9	831,484	-5.213,23	-1.014,32	5,95784	-6,14499
	2	14.999,9	-831,484	5.213,23	378,309	-107,399	6,14499
Viga-13(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(4))	1	11.012,7	0,398859	-14.996,3	373,234	-0,64893	0,128066
	2	11.012,7	-0,398859	-14.996,4	-373,255	0,827619	-0,128066
Viga-14(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(12))	1	2.769,64	16,2433	15,7617	9,0871	-52,4306	37,0769
	2	2.624,95	-26,616	-170,651	15,4252	31,099	-36,4719
Viga-15(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(19))	1	24.813,2	8.271,75	-22,6446	37,6684	-977,525	29,0187
	2	14.805,8	1.332,37	131,834	-1,44194	442,964	2,53495
Viga-16(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(11))	1	2.788,71	13,952	13,3061	-8,06737	50,5482	37,2991
	2	2.775,79	-14,3756	-6,23481	-5,40783	3,44888	-14,6173
	3	2.636,37	-12,1303	-171,034	-15,4838	-32,5346	-37,2509



Viga-17(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(20))	1	24.785,2	8.292,48	22,5372	-10,7528	969,731	36,3635
	2	-12.989	2.519,71	283,479	-47,0548	-359,777	16,3135
Viga-18(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(5))	1	14.994,4	1.014,74	5.224,33	1.014,64	0,0689959	7,06207
	2	14.994,4	-1.014,74	-5.224,33	-377,272	-123,867	-7,06207
Viga-19(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(21))	1	11.936,9	-283,489	5.707,5	-496,347	-14,4281	-41,1172
	2	11.936,9	283,489	-5.707,5	-359,777	-28,0953	41,1172
Viga-20(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(13))	1	2.766,98	-15,8194	-1,26291	1,16681	-4,6004	-13,1308
	2	2.569,39	13,9991	96,3604	6,95812	-15,6591	13,2845
Viga-21(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(8))	1	16.085,1	-898,631	466,388	-179,635	73,9417	-3,99215
	2	16.085,1	898,631	-466,388	236,535	35,6914	3,99215

Tensiones de viga

Nombre de viga	Junta s	Axial(N/m ²)	Dir. de pliegue1(N/m ²)	Dir. de pliegue2(N/m ²)	Torsional(N/m ²)	Tensión axial y de flexión en el limite superior(N/m ²)
Viga-1(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(17))	1	-1,46279e+07	-9,63331e+07	-36.557	-55.236,1	1,10998e+08
	2	-1,46279e+07	3,52321e+07	-33.106,6	55.236	4,98931e+07
Viga-2(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)(3))	1	1,42328e+07	-9,07509e+06	-119.468	-17.489,2	2,34274e+07
	2	1,42328e+07	-9,06229e+06	-123.546	17.489,2	2,34187e+07
	1	-1,81482e+07	-4.829,03	3,52266e+07	-31.773,7	5,33796e+07



Viga-3(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[15])	2	-1,81482e+07	23.136,3	2,97261e+07	31.861,5	4,78975e+07
Viga-4(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[16])	1	-1,81483e+07	76.174	3,52321e+07	-31.300,5	5,34566e+07
	2	-1,81483e+07	47.999,7	2,97278e+07	31.388,1	4,79242e+07
Viga-5(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[6])	1	-1,20717e+06	1,45439e+06	-78.324,6	1,13633e+06	2,73989e+06
	2	-1,20717e+06	-1,14149e+06	202.648	1,13633e+06	2,55131e+06
Viga-6(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[2])	1	-2,08911e+07	-7,78548e+07	-3,64349e+06	-692.142	1,02389e+08
	2	-2,08911e+07	-7,72341e+07	-2,83742e+06	692.142	1,00963e+08
Viga-7(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[14])	1	-1,46278e+07	9,63386e+07	37.519,5	23.380,7	1,11004e+08
	2	-1,46278e+07	-3,52266e+07	32.754,4	-23.380,7	4,98871e+07
Viga-8(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[7])	1	-1,55662e+07	1,28617e+07	177.666	122.919	2,86055e+07
	2	-1,55662e+07	1,71862e+07	-4,92693e+06	-122.919	3,76793e+07
Viga-9(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[1])	1	4,42144e+06	-2,34119e+07	-3,56835e+06	2,68062e+06	3,14017e+07
	2	5,50704e+06	-4,37671e+07	658.386	2,72586e+06	4,99325e+07
Viga-10(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[9])	1	-1,37015e+06	1,24467e+06	-32.211,6	1,09187e+06	2,64703e+06
	2	-1,37015e+06	-880.586	3.428,58	1,09187e+06	2,25417e+06
Viga-11(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[18])	1	-1,23781e+07	-5,72237e+07	-1,78714e+06	62.631,1	7,13889e+07
	2	-1,23781e+07	3,52798e+07	-213.106	-62.634,2	4,7871e+07

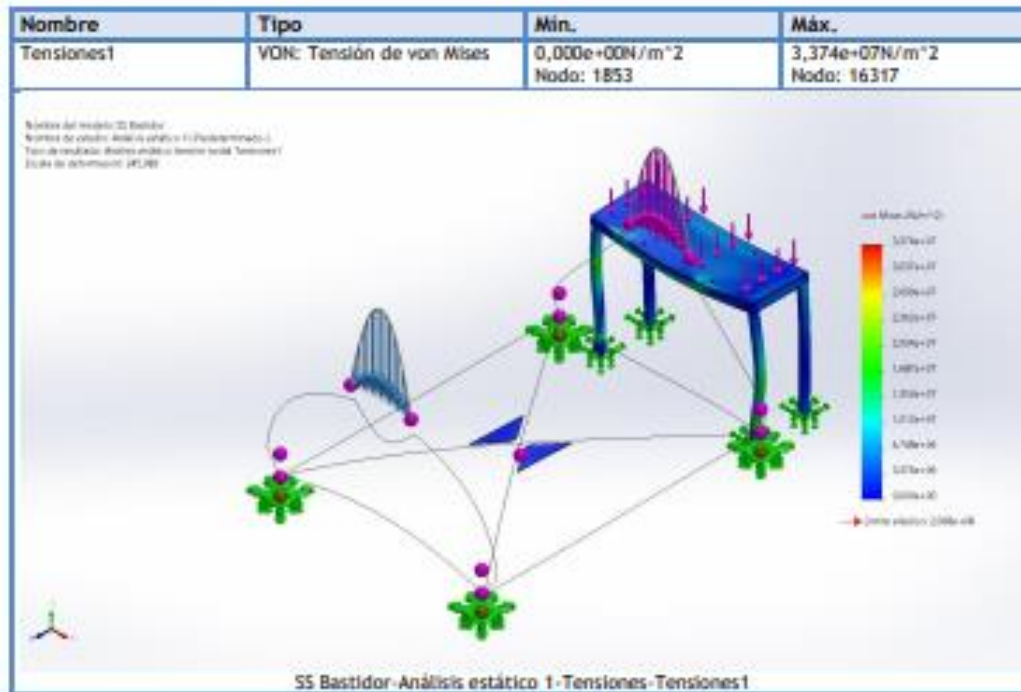


Viga-12(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[10])	1	-1,46313e+07	-8,07856e+07	-474.511	-327.178	9,58914e+07
	2	-1,46313e+07	-3,01304e+07	-8,55377e+06	327.178	5,33154e+07
Viga-13(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[4])	1	-1,07421e+07	-2,97261e+07	-51.684	6.818,67	4,05199e+07
	2	-1,07421e+07	-2,97278e+07	-65.915,6	-6.818,67	4,05358e+07
Viga-14(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[12])	1	2,70158e+06	723.740	4,17583e+06	1,97411e+06	7,60115e+06
	2	2,56046e+06	-1,22854e+06	2,47687e+06	1,9419e+06	6,26587e+06
Viga-15(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[19])	1	-2,42035e+07	3,00009e+06	7,78548e+07	1,54506e+06	1,05058e+08
	2	-1,4442e+07	114.843	3,52798e+07	134.969	4,98366e+07
Viga-16(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[11])	1	2,72019e+06	642.524	4,0259e+06	1,98594e+06	7,38861e+06
	2	2,70758e+06	-430.706	-274.685	-778.279	3,41297e+06
	3	2,57159e+06	-1,2332e+06	2,59121e+06	1,98338e+06	6,39601e+06
Viga-17(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[20])	1	-2,41762e+07	856.404	7,72341e+07	1,93612e+06	1,02267e+08
	2	-1,26699e+07	-3,74767e+06	2,86544e+07	868.586	4,50719e+07
Viga-18(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[5])	1	-1,4626e+07	8,08108e+07	-5.495,17	376.011	9,54423e+07
	2	-1,4626e+07	3,00478e+07	-9,86535e+06	-376.011	5,45391e+07
Viga-19(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[21])	1	-1,16436e+07	3,95315e+07	-1,14912e+06	2,18923e+06	5,23242e+07
	2	-1,16436e+07	-2,86544e+07	2,23765e+06	2,18923e+06	4,25356e+07
	1	2,69899e+06	-92.990,1	-366.598	-699.123	3,15852e+06

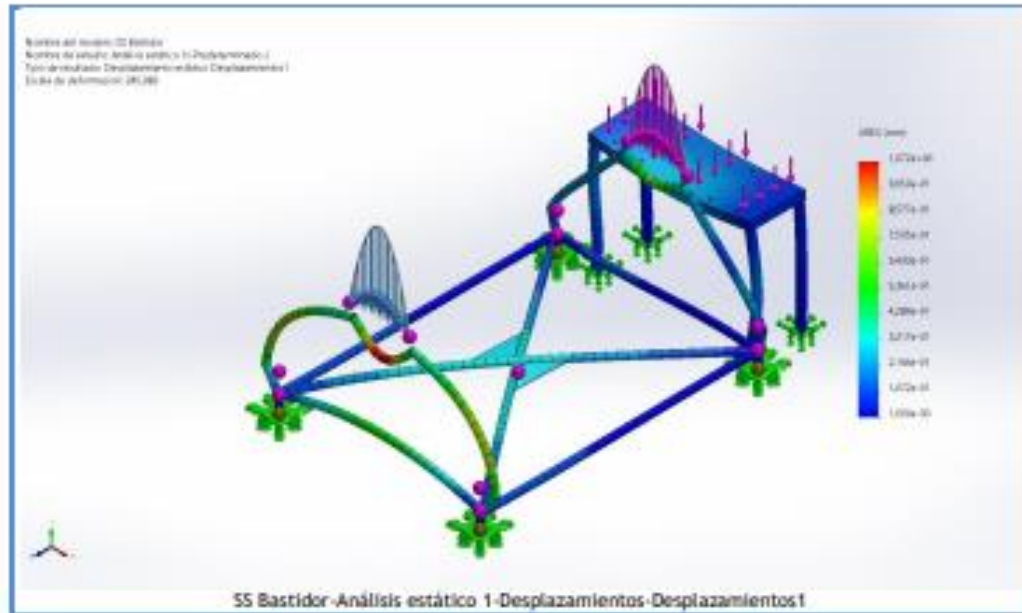


Viga-20(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[13])	2	2,50625e+06	554.178	1,24717e+06	707.307	4,3076e+06
Viga-21(Tubo cuadrado 2 X 2 X 0.25(4)[8])	1	-1,56898e+07	-1,4307e+07	-5,88908e+06	-212.557	3,58859e+07
	2	-1,56898e+07	-1,88388e+07	2,84263e+06	212.557	3,73712e+07

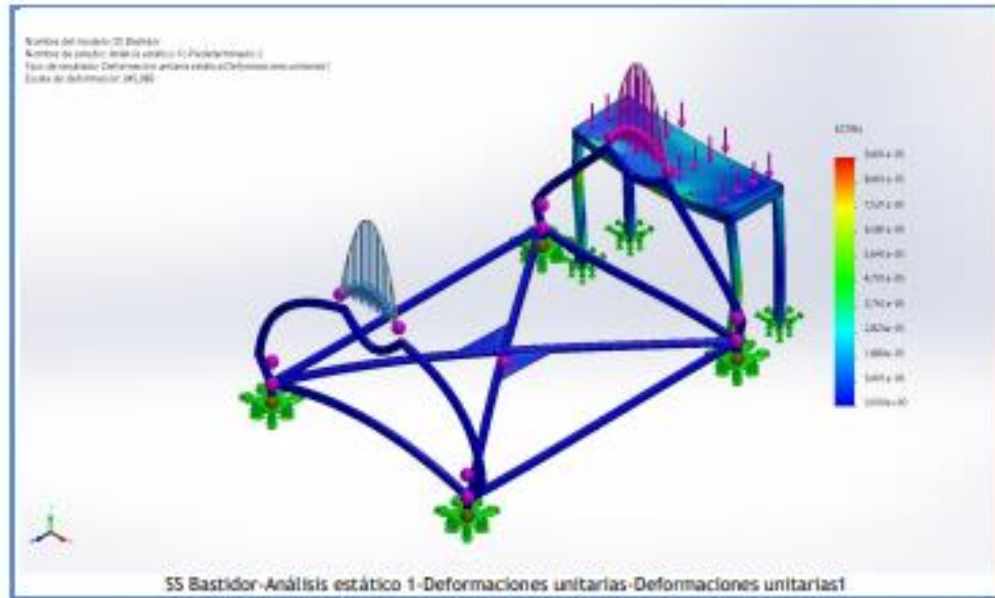
Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	LINES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 1853	1,072e+00mm Nodo: 46579



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0,000e+00 Elemento: 791	9,401e-05 Elemento: 8438



Conclusión

Anexo K. Resultados simulación para el eje motriz

UIS



Descripción
Simulación Eje

Simulación de eje


Diseñador: Victor cardenas
Nombre de estudio: Análisis estático 1
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos


Descripción.....	1
Suposiciones	2
Información de modelo.....	2
Propiedades de estudio	3
Unidades.....	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones	5
Definiciones de conector.....	6
Información de contacto	6
Información de malla	7
Detalles del sensor	7
Fuerzas resultantes	8
Vigas	8
Resultados del estudio	9
Conclusión.....	12

Suposiciones

Información de modelo



Nombre del modelo: eje
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Revolución4 	Sólido	Masa: 152,968 kg Volumen: 0,0191209 m ³ Densidad: 8.000 kg/m ³ Peso: 1.499,08 N	C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao\ eje.SLDPRT Feb 13 15:15:50 2022

Propiedades de estudio

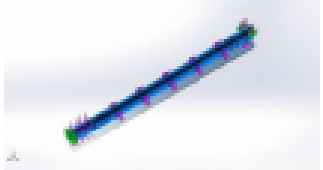
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Activar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Victor\Desktop\final fermentadora de cacao 4\diseño fermentadora de cacao)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

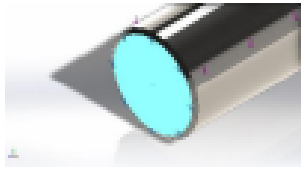



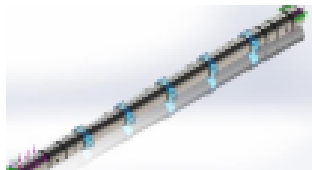
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Revolución4)(eje)
Datos de curva:N/A		



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-0,595886	32.145,5	5,61084	32.145,5	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	
Fijo-4		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0,575836	32.738,5	-5,62086	32.738,5	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Torsión-1		Entidades:	5 cara(s)	
		Tipo:	Aplicar momento torsor	
		Valor:	623 N.m	

Torsión-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar momento torsor Valor: -3.115 N.m
Fuerza-1		Entidades: 2 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ***; -32.442; *** N

Definiciones de conector

No hay datos

Información de contacto

No hay datos



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de eje

6

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	22,0639 mm
Tolerancia	1,10319 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	28112
Número total de elementos	17794
Cociente máximo de aspecto	7,7678
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	94,9
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	

Detalles del sensor

No hay datos



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,0231323	64.884	-0,00244141	64.884

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0	0	0	0

Momentos de cuerpo libre

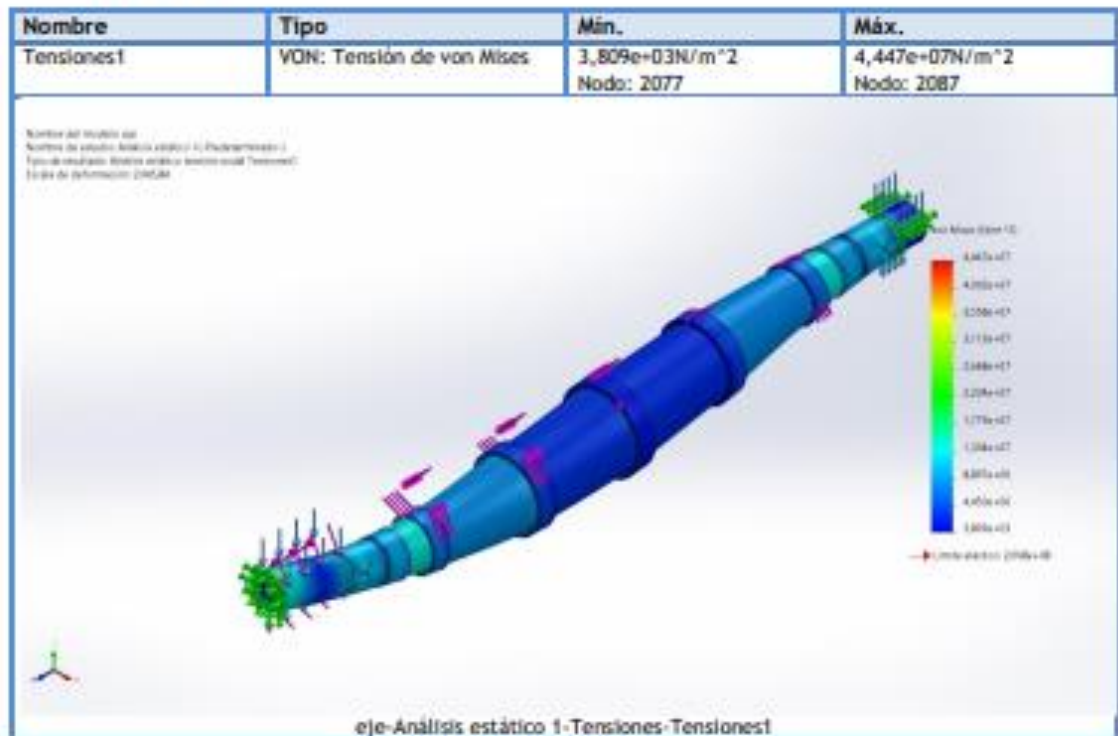
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Vigas

No hay datos

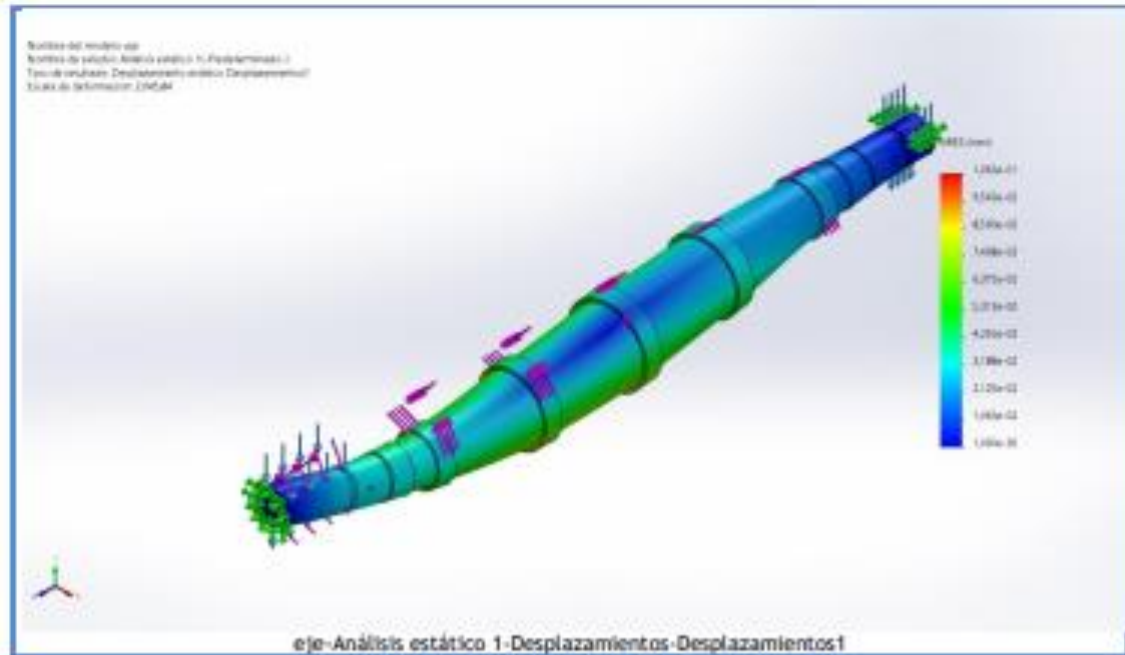


Resultados del estudio



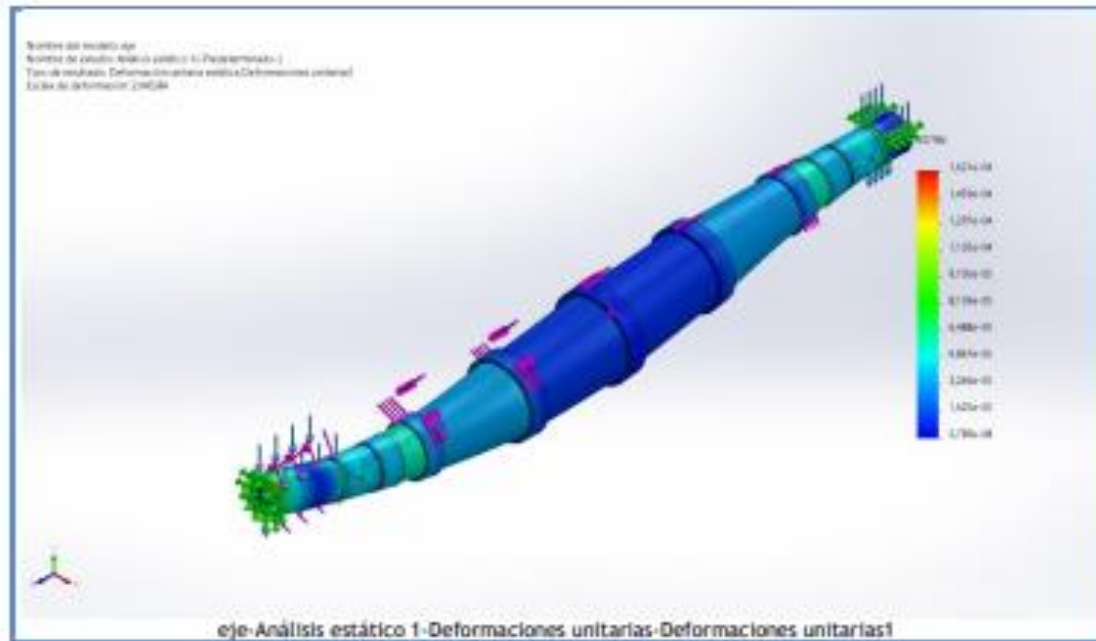
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 1	1,063e-01mm Nodo: 25037



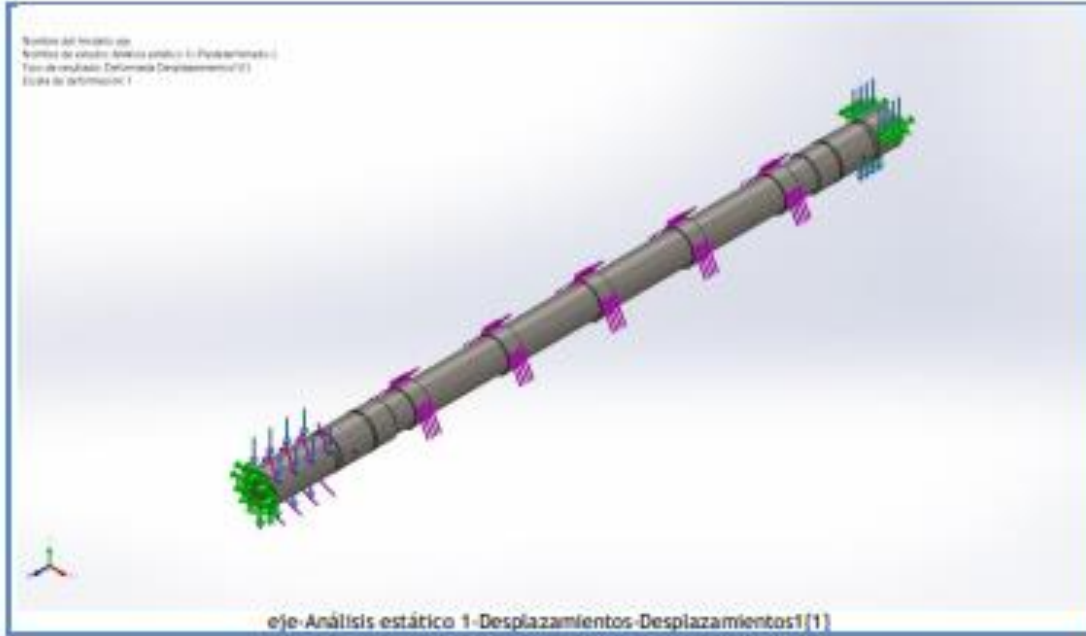


Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3,789e-08 Elemento: 12016	1,621e-04 Elemento: 7219





Nombre	Tipo
Desplazamientos1[1]	Deformada



Conclusión



Descripción

No hay datos

Simulación de paleta

Diseñador: Victor Cardenas
Nombre de estudio: Análisis estático 1
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción.....	1
Suposiciones	2
Información de modelo.....	3
Propiedades de estudio	5
Unidades.....	6
Propiedades de material.....	6
Cargas y sujeciones	7
Definiciones de conector.....	7
Información de contacto.....	8
Información de malla.....	9
Detalles del sensor.....	9
Fuerzas resultantes	10
Vigas	10
Resultados del estudio	11



Suposiciones



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de paleta

2

Información de modelo



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation



Simulación de paleta

3



Nombre del modelo: paleta
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
	Sólido	Masa: 2,15032 kg Volumen: 0,000268789 m ³ Densidad: 8,000,03 kg/m ³ Peso: 21,0731 N	C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseño fermentadora de cacao\anillo paletas.SLDPRJ Jun 28 11:27:52 2021
	Sólido	Masa: 5,13389 kg Volumen: 0,000641736 m ³ Densidad: 8,000 kg/m ³ Peso: 50,3121 N	C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseño fermentadora de cacao\barra paleta.SLDPRJ
	Sólido	Masa: 5,13389 kg Volumen: 0,000641736 m ³ Densidad: 8,000 kg/m ³ Peso: 50,3121 N	C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseño fermentadora de cacao\barra paleta.SLDPRJ
	Sólido	Masa: 2,36053 kg Volumen: 0,000295066 m ³ Densidad: 8,000 kg/m ³	C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseño

		Peso: 23,1332 N	fermentadora de cacao\lamina paleta.SLDPRT Dec 26 10:16:11 2021
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa: 2,36053 kg Volumen: 0,000295066 m ³ Densidad: 8.000 kg/m ³ Peso: 23,1332 N	C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseno fermentadora de cacao\lamina paleta.SLDPRT Dec 26 10:16:11 2021


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseno fermentadora de cacao)


Unidades


Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(anillo paleta-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(barra paleta-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(barra paleta-2), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(lamina paleta-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(lamina paleta-2)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-21,1068	-4,62665	15,6694	26,6914	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga			
Presión-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 10.000 Unidades: N/m^2 Ángulo de fase: 0 Unidades: deg			

Definiciones de conector

No hay datos



Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Interacción global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	8,13377 mm
Tolerancia	0,406688 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Mallar de nuevo las piezas fallidas de forma independiente	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	66372
Número total de elementos	36419
Cociente máximo de aspecto	8,9773
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	89,4
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	

Detalles del sensor

No hay datos



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-21,1068	-4,62665	15,6694	26,6914

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,0600004	-0,0206492	-0,0573249	0,0855136

Momentos de cuerpo libre

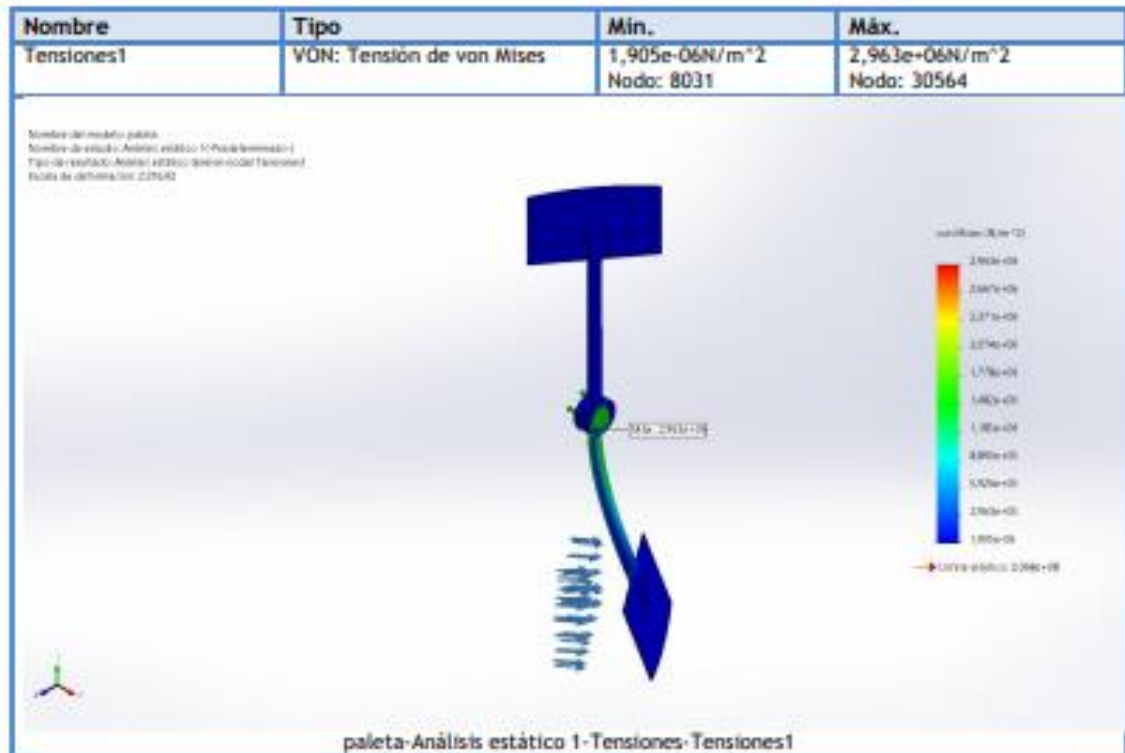
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Vigas

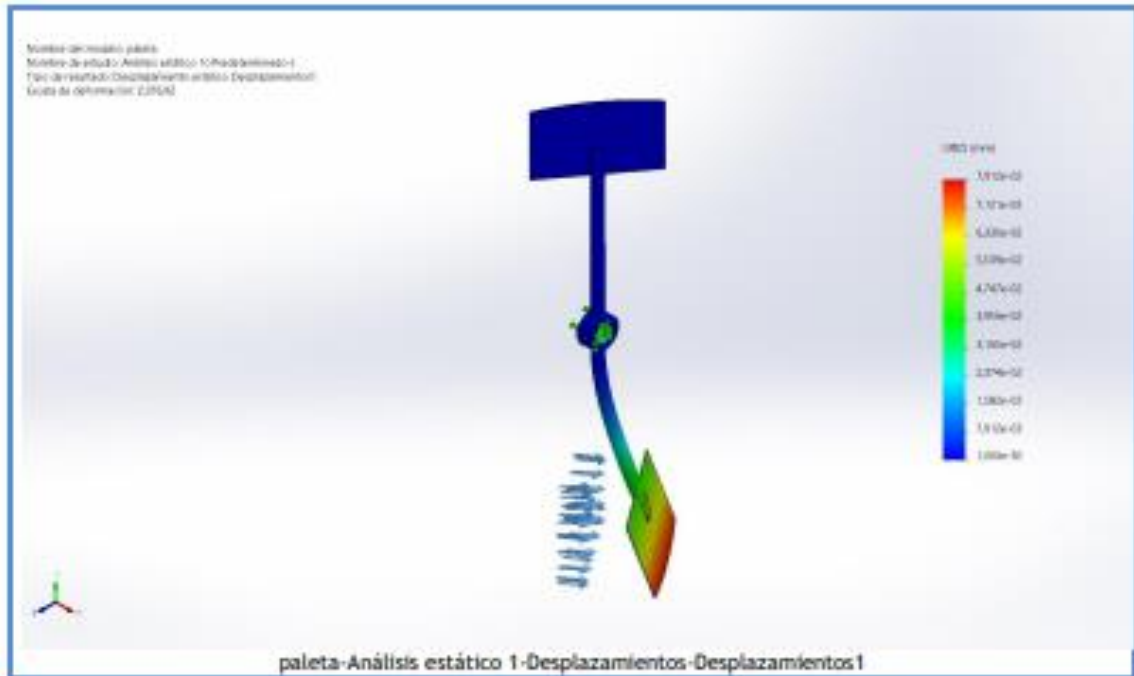
No hay datos



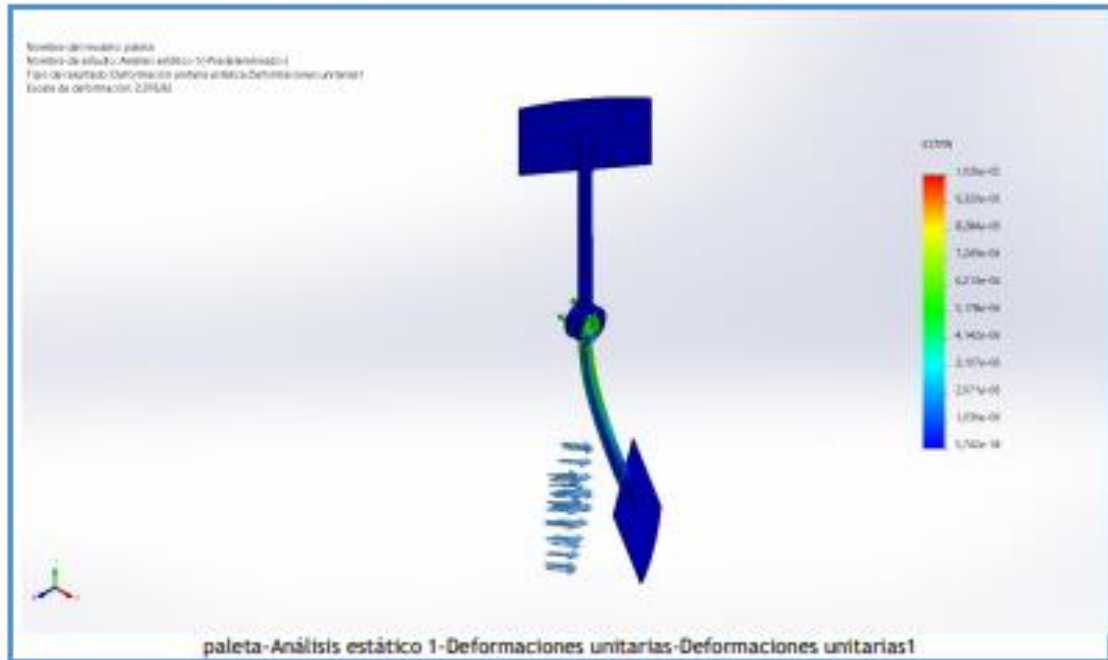
Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 7	7,912e-02mm Nodo: 56624



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTR: Deformación unitaria equivalente	5,742e-18 Elemento: 7989	1,036e-05 Elemento: 14813



Anexo M. Resultados simulación para el tamiz

Universidad Industrial de Santander



Descripción

No hay datos

Simulación de tamiz

Fecha: domingo, 9 de enero de 2022
Diseñador: Victor Cardenas
Nombre de estudio: Análisis estático 2
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción.....	1
Suposiciones	2
Información de modelo.....	2
Propiedades de estudio	3
Unidades.....	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones	5
Definiciones de conector.....	5
Información de contacto	6
Información de malla	6
Detalles del sensor	6
Fuerzas resultantes	7
Vigas	7
Resultados del estudio	8



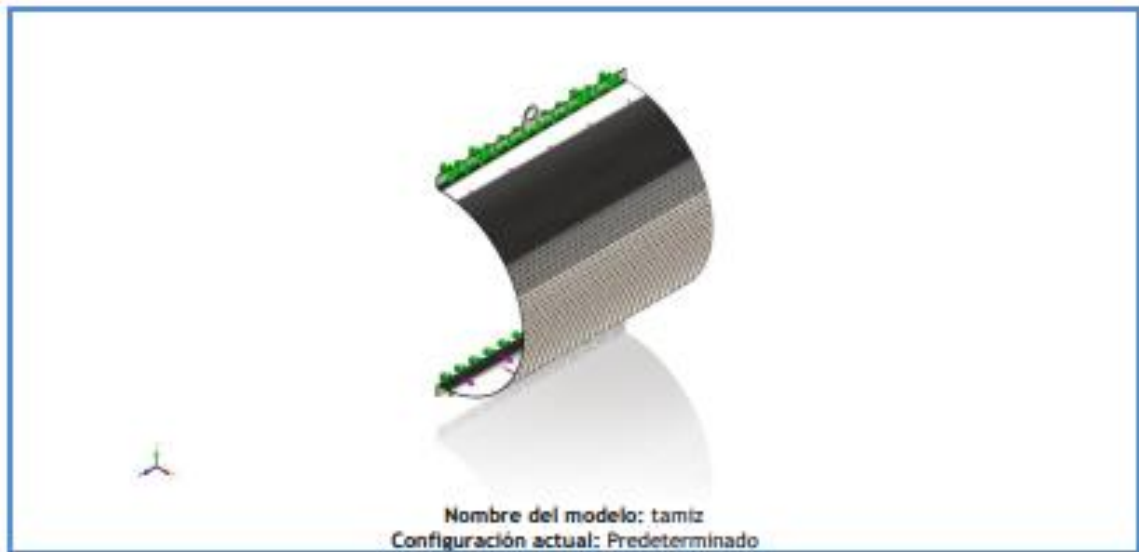
SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de tamiz : 1

Suposiciones

Información de modelo



Propiedades de estudio

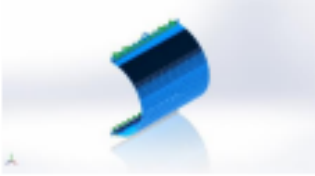
Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla con elementos SHELL de superficies medias
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Victor\Desktop\fermentadora de cacao\diseño fermentadora de cacao)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

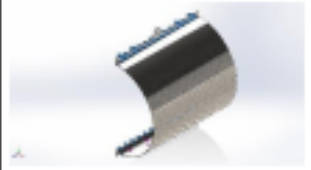


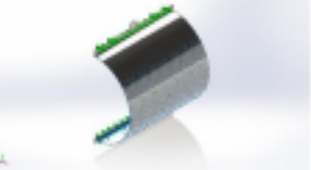
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coefficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coefficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin </p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(tamiz)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 32 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-10.002,4	1,74685	2,46486	10.002,4	
Momento de reacción(N.m)	0,14686	0,0589796	1,71762	1,72489	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga			
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista- 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 10.000 N Momentos: ---; ---; --- N.m			

Definiciones de conector

No hay datos

Información de contacto

No hay datos

Información de malla

Tipo de malla	Malla con elementos SHELL de superficies medias
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	56,5377 mm
Tolerancia	2,82689 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	131896
Número total de elementos	61656
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:06:10
Nombre de computadora:	

Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-10.002,4	1,74685	2,46486	10.002,4

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0,14686	0,0589796	1,71762	1,72489

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,000890393	0,00664909	-1,76039e-06	0,00670844

Momentos de cuerpo libre

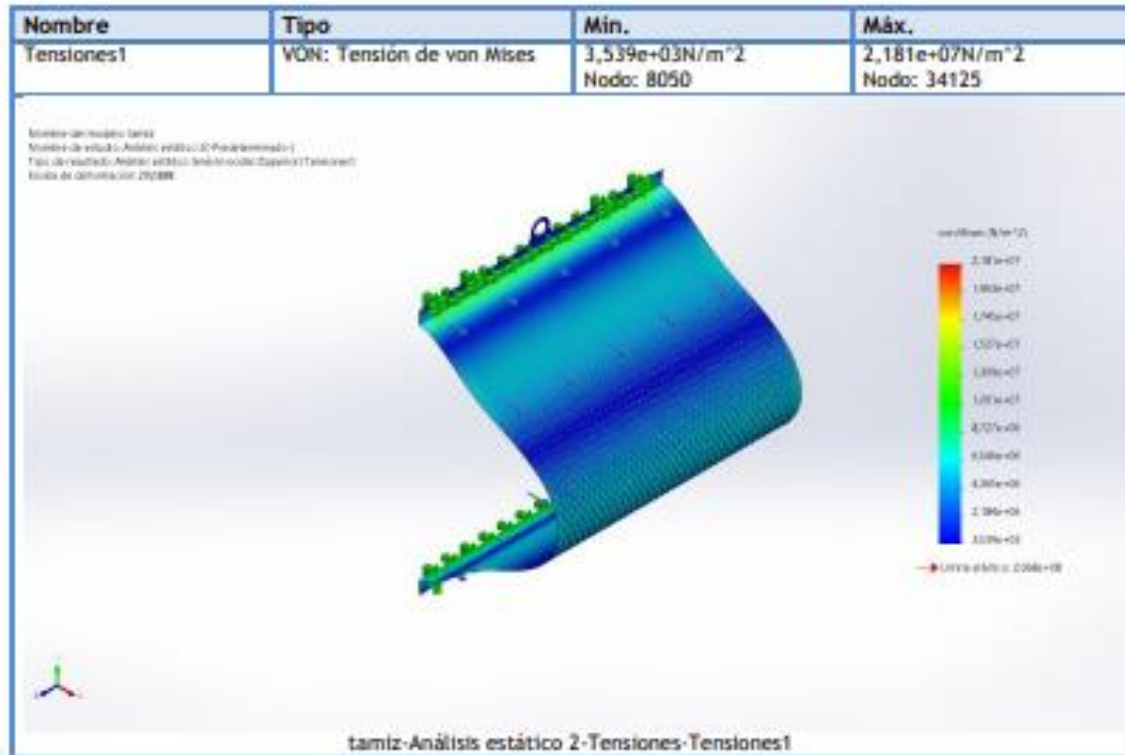
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0,10104	0,0808484	1,70328	1,70819

Vigas

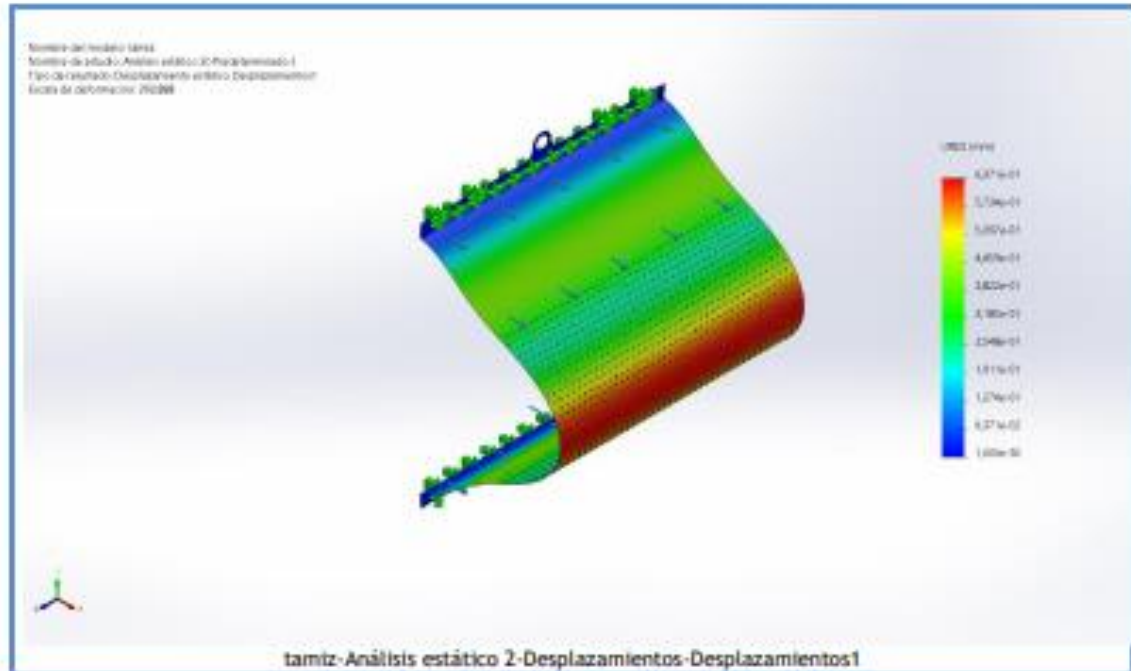
No hay datos



Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 16971	6,371e-01mm Nodo: 4802



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2,610e-08 Elemento: 12709	7,651e-05 Elemento: 60993

