



**Diseño y construcción de un prototipo de máquina seleccionadora de café pergamino seco
para el corregimiento de Matituy la Florida Nariño**

Autores

Junior Alexander Gómez Cabrera

Fernando Steven Luna Timaran

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño (AUNAR)

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería Mecánica

San Juan De Pasto

2023



**Diseño y construcción de un prototipo de máquina seleccionadora de café pergamino seco
para el corregimiento de Matituy la Florida Nariño**

Junior Alexander Gómez Cabrera

Fernando Steven Luna Timaran

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Mecánico

Asesor: Ingeniero Mecánico Juan Guillermo Chinchajoa

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño (AUNAR)

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería Mecánica

2023



Nota de Aceptación

PROHIBIDA SU COPIA

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado



Contenido

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Introducción | 12 |
| 1.Título..... | 14 |
| 2.Planteamiento Del Problema..... | 15 |
| 2.1.Descripción Del Problema | 15 |
| 2.2.Formulación Del Problema..... | 16 |
| 2.3.Justificación | 16 |
| 3.Objetivos..... | 17 |
| 3.1.Objetivo General..... | 17 |
| 3.2.Objetivos Específicos..... | 17 |
| 4.Marco Referencial..... | 18 |
| 4.1.Marco Contextual..... | 18 |
| 4.2.Economía | 18 |
| 4.3.Marco Teórico..... | 18 |
| 4.3.1.Elementos básicos..... | 22 |
| 4.3.2.Equipos sugeridos para el operario de la maquina..... | 32 |
| 4.4.Ecuaciones para cálculo de elementos..... | 33 |
| 4.5.Marco legal | 39 |
| 4.6.Marco Tecnológico | 41 |
| 4.6.1.Matriz morfológica | 44 |
| 4.6.2.Funcionalidad..... | 45 |
| 5.Diseño De Aspectos Metodológicos..... | 46 |
| 5.1.Investigación Línea..... | 46 |
| 5.2.Enfoque | 46 |
| 5.3.Tipo de investigación..... | 46 |
| 5.4.Método | 47 |
| 5.5.Hipótesis | 47 |
| 5.6.VARIABLES | 47 |
| 6.Elementos de administración y control..... | 49 |
| 6.1.Recursos físicos y técnicos | 49 |
| 6.1.1.Recursos Técnicos. | 49 |
| 6.1.2.Recursos Físicos..... | 49 |



| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 6.2.Talento humano | 49 |
| 6.3.Presupuesto | 50 |
| 7.Desarrollo del proyecto..... | 55 |
| 7.1.Investigación del café y su seleccionado | 55 |
| 7.2.Conceptualización del diseño | 59 |
| 7.3.Análisis estructural diseño final..... | 61 |
| 7.4.Análisis de ejes | 65 |
| 7.5.Cálculos..... | 69 |
| 7.5.1.Selección de motor..... | 69 |
| 7.5.2.Velocidad angular (W)..... | 70 |
| 7.5.3.Torque70 | |
| 7.5.4.Relación de transmisión 0..... | 71 |
| 7.5.5.Longitud de banda..... | 71 |
| 7.5.6.rpm y torque de la segunda polea | 71 |
| 7.5.7.rpm y torque de la tercera polea..... | 72 |
| 7.5.8.rpm y torque de la cuarta polea..... | 72 |
| 7.5.9.rpm y torque de la polea al brazo transmisor | 72 |
| 7.5.10.Velocidad angular y lineal de la segunda polea..... | 72 |
| 7.5.11.Velocidad angular y lineal de la cuarta polea | 73 |
| 7.5.12.Velocidad angular y lineal de polea al brazo trasmisor | 73 |
| 7.5.13.Fuerza que ejerce el mecanismo | 73 |
| 7.5.14.Fuerza requerida..... | 74 |
| 7.5.15.Análisis de fuerza en el Software..... | 74 |
| 7.5.16.esfuerzo cortante máximo del eje 1 | 75 |



| | |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 7.5.17. Diámetro mínimo del eje 1 | 76 |
| 7.5.18. Momento polar de inercia | 76 |
| 7.5.19. Cálculo de reacción en B en el eje 1 | 77 |
| 7.5.20. Cálculo de reacción en B Y C en el eje 2 | 78 |
| 7.5.21. Esfuerzo cortante máximo del eje 2 | 80 |
| 7.5.22. Diámetro mínimo del eje 2 | 81 |
| 7.5.23. Momento polar de inercia | 82 |
| 7.5.24. Momento de inercia | 82 |
| 7.5.25. Esfuerzo normal | 83 |
| 7.5.26. Esfuerzo cortante | 83 |
| 7.5.27. teoría de falla..... | 83 |
| 7.5.28. Consumo de energía del motor | 84 |
| 7.6. Boceto del mecanismo | 84 |
| 7.7. Diseño final del prototipo | 88 |
| 7.8. Elaboración del prototipo..... | 89 |
| 7.9. Prueba de la Selección de café..... | 90 |
| 8. Análisis de resultados | 95 |
| 8.1. Fichas técnicas y análisis de rendimiento de café | 99 |
| 8.2. Evaluación económica | 101 |
| 9. Conclusiones Y Recomendaciones | 103 |
| 9.1. Conclusiones | 103 |
| 9.2. Recomendaciones: | 103 |
| 10. Referencias..... | 105 |
| 11. Anexos | 107 |



Lista De Figuras

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Criba | 22 |
| Figura 2 Hojas de lamina de acero..... | 23 |
| Figura 3 Motor trifasico | 24 |
| Figura 4 Elementos de un motor monofasico | 24 |
| Figura 5 Rodamientos | 25 |
| Figura 6 Boseto eje exentrico | 25 |
| Figura 7 Barras de angulo metalico | 26 |
| Figura 8 Elementos que componen una polea | 26 |
| Figura 9 Bnadas | 27 |
| Figura 10 Boton rojo de parada de emrgecnia | 27 |
| Figura 11 Tolva grande..... | 28 |
| Figura 12 Tolva pequeña | 28 |
| Figura 13 Piramide estructura masiva..... | 29 |
| Figura 14 Estructura de un edificio | 29 |
| Figura 15 Estructura de una grua | 30 |
| Figura 16 Puente colgante..... | 30 |
| Figura 17 Brazo oscilante | 31 |
| Figura 18 Seleccionador cilindrico de granos de café | 42 |
| Figura 19 Seleccionador de café almendra..... | 42 |
| Figura 20 Maquina industrial para seleccionar almendra verde | 43 |
| Figura 21 Clasificacion de grano imperfecto | 56 |
| Figura 22 Selecion manual..... | 56 |
| Figura 23 Trilladora de café K-300 | 57 |



| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 24 Seleccionadora de café por tamaño | 58 |
| Figura 25 Seleccionadora de café por medio de cribas..... | 59 |
| Figura 26 Boceto del prototipo | 61 |
| Figura 27 Analisis de caja de cribas, estimacion de la masa | 62 |
| Figura 28 Analisis de esfuerzos de aplastamiento en la estructura para FDS eje X | 63 |
| Figura 29 Analisis de tension y flexion eje X..... | 63 |
| Figura 30 Analisis de esfuerzos de aplastamiento en la estructura para FDS eje Y | 64 |
| Figura 31 Analisis de tension y flexion eje Y..... | 65 |
| Figura 32 Durabilidad del material de los ejes normalizados | 66 |
| Figura 33 Analisis de cargas en el eje 1 | 67 |
| Figura 34 Analisis de FDS en el eje 1 | 67 |
| Figura 35 Analisis de cargas en el eje 2..... | 68 |
| Figura 36 Analisis de FDS en el eje 2..... | 69 |
| Figura 37 Analisis de potencia requerida para mover el mecanismo del boceto inicial | 75 |
| Figura 38 Analisis de momentos en el punto B | 78 |
| Figura 39 Analisis de momentos en el punto B y C..... | 81 |
| Figura 40 Diseño del boceto del prototipo de la seleccionadora de café | 85 |
| Figura 41 Diseño del boceto de caja de cribas..... | 85 |
| Figura 42 Planos caja de cribas..... | 86 |
| Figura 43 Diseño del sujetador de columbio | 86 |
| Figura 44 Boceto del sistema de poleas conectadas al motor | 87 |
| Figura 45 Diseño del boceto del sistema de movimiento de vibracion..... | 88 |
| Figura 46 Diseño final de la seleccionadora de café pergamino seco..... | 88 |
| Figura 47 Diseño final de las cribas | 89 |
| Figura 48 Diseño final del mecanismo | 89 |
| Figura 49 Elaboracion de la máquina | 90 |



| | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 50 Prueba de la maquina | 90 |
| Figura 51 Selección de las cribas por tamaño..... | 91 |
| Figura 52 Comparacion de café pergamino seleccionado y no seleccionado | 91 |
| Figura 53 Caracteristicas de las correas | 92 |
| Figura 54 Caracteristicas de los rodamientos | 93 |
| Figura 55 Caracteristicas de los rodamientos con soporte..... | 94 |
| Figura 56 Tamaños de café por cribas y bandeja | 95 |
| Figura 57 Café pasilla selecionado por la máquina | 96 |
| Figura 58 Comparacion del seleccionado | 97 |
| Figura 59 Tiempo de trabajo | 98 |
| Figura 60 Ficha tecnica de café seleccionado por prototipo..... | 100 |
| Figura 61 Ficha tecnica de café seleccionado manual | 100 |

PROHIBIDA SU COPIA



Índice de tablas

| | |
|------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 Dimension de cribas..... | 31 |
| Tabla 2 Marco legal | 39 |
| Tabla 3 Diseño de matriz morfologica..... | 44 |
| Tabla 4 Diagrama | 45 |
| Tabla 5 Equipos y materiales | 50 |
| Tabla 6 Personal | 51 |
| Tabla 7 Presupuesto general | 52 |
| Tabla 8 Cronograma de actividades 2023..... | 53 |
| Tabla 9 Cronograma de actividades 2024..... | 54 |
| Tabla 10 Liminte de fluencia del acero A36..... | 84 |
| Tabla 11 Tiempos de seleccionado del prototipo | 97 |
| Tabla 12 Seleccionado manual | 98 |
| Tabla 13 Sistema reductor | 101 |
| Tabla 14 Comparacion del consumo económico | 102 |



Tabla de ecuaciones

| | |
|------------------------------------------------|----|
| Ecuación 1 Potencia..... | 33 |
| Ecuación 2 Velocidad angular | 33 |
| Ecuación 3 Consumo | 33 |
| Ecuación 4 Relacion de poleas | 34 |
| Ecuación 5 Relacion de transmision..... | 34 |
| Ecuación 6 Velocidad lineal | 35 |
| Ecuación 7 Momento | 35 |
| Ecuación 8 Longitud de banda..... | 35 |
| Ecuación 9 Esfuerzo cortante Maximo | 36 |
| Ecuación 10 Momeneto polar de inercia..... | 36 |
| Ecuación 11 Momento flector Maximo | 37 |
| Ecuación 12 Esfuerzo cortante maximo..... | 37 |
| Ecuación 13 Momento de inercia..... | 38 |
| Ecuación 14 14 teoria de falla..... | 38 |
| Ecuación 15 Consumo de energia del motor | 38 |
| Ecuación 16 Torque | 39 |



Introducción

El café es uno de los “comercios más grandes a nivel mundial detrás del petróleo, se estima que de este cultivo viven 125 millones de personas, incluyendo a 25 millones de pequeños productores debido a que la demanda de este es muy alta, se calcula que por año se beben unos 400.000 millones de tazas de café lo que genera intereses económicos importantes para los cultivadores de este producto” (Bedri,2019). Colombia uno de los países donde se exporta uno de los mejores granos a nivel mundial debido a su aroma y particular sabor, lo que hace que el producto sea cada vez más demandable y por ende más exigente. El proceso que debe pasar el café desde su siembra hasta su cosecha es muy complejo ya que pasa por diferentes fase como: la recolección del grano maduro, el despulpado para quitarle la cascara al café, el zarandeado manual o automático que se hace con el fin de sacar impurezas de cascara, el secado a medio ambiente o modo artificial, la selección de café pergamino seco para generar mejor homogeneidad de los mejores granos que es en donde nuestra investigación se va a enfocar, sigue con el trillado del café, tostón del café, desgasificación del café y la molienda del café para poderlo consumir. Enfocados en la selección de pergamino seco, esta se la genera de forma manual y con poca uniformidad lo que proyecta una mejor calidad del producto, por ello la importancia de nuestro proyecto, el cual podrá brindar una mejor homogenización del grano el cual le brindará un valor agregado ya que será de mejor calidad y por ende tendrá una buena prueba de rendimiento en la tasa. Según (Nariño, 2023) El corregimiento de Matituy pertenecientes al municipio de la Florida cuenta con la mejor hidrografía para el desarrollo y producción del café en gran cantidad, pero la dificultad de encontrar mano de obra a la hora de seleccionar el café pergamino seco es escasa y costosa lo que hace que el productor tenga que vender el café sin escogerlo, dándole menores ingresos por la baja calidad a la hora de facturarlos con las cooperativas de café, por ello se propone



diseñar una maquina semiautomática que se encargara de seleccionar el café pergamino seco de mejor calidad por vibración de cribas, este proceso hace agilizar los tiempos de seleccionado de café , aumentar calidad y factor, mitigando la problemática de tener que buscar mano de obra costosa, favoreciendo al campesino debido a que tener un café pergamino de buena calidad puede favorecer al precio y tasa de este producto.

La ingeniería es una de las mejores herramientas a la hora de brindar soluciones a distintos problemas que presenta la sociedad, en nuestra facultad de ingeniería mecánica buscamos brindar distintas soluciones a procesos agropecuarios de nuestra región y en particular a esta rama tan importante como lo es el café, solventar la necesidad de reducir tiempos y costos de seleccionado manual, brindando una mejor homogeneidad mejorando su tasa de rendimiento y con ello el precio del café.

PROHIBIDA SU COPIA



1. Título

Diseño y construcción de un prototipo de máquina seleccionadora de café pergamino seco para el corregimiento de Matituy la Florida Nariño

PROHIBIDA SU COPIA



2. Planteamiento Del Problema

2.1. Descripción Del Problema

Nariño es un departamento con un gran potencial en café debido a su posición geográfica, considerándose como uno de los mejores departamentos en exportar café de buena calidad, 35 de los 64 municipios que tiene Nariño son cafeteros. Hablando específicamente del corregimiento de Matituy sobre su cosecha, podemos decir que, desde la maduración del café hasta su secado, tiene un proceso manual realizado de manera meticulosa, pero a la hora de tener el café en pergamino seco, el cual es el grano que ha pasado por el proceso de cosechado, despulpado y secado. El productor debe de tomarse la tarea de seleccionar el mejor café de su cosecha para mejorar su tasa de calidad y por efecto su precio. Dicho proceso es muy tedioso y se debe realizar de manera correcta, esto genera más horas de trabajo y con ello un aumento en los gastos, debido a la contratación de seleccionadores de café que sepan diferenciar entre el café dañado ya sea por broca, café quebrado por la despulpadora o por deformidades del fruto, debido a esto se propone diseñar y construir un prototipo de máquina seleccionadora de café pergamino seco, ya que los seleccionadores de café pergamino seco tradicionales no se enfocan en el café liviano. El café liviano no tiene buena maduración del fruto mientras está en la mata de café y por ende su almendra es liviana y seca por ello el costo de ventas es menor que el de un pergamino de buena calidad, ya que entre mejor tasa mejor será el pago para el productor, nos enfocaremos en un sistema de selección que implemente los seleccionados de café mecánico tradicional que sacan el grano de café dañado, pero también tendrá la función de sacar el grano liviano generando así una tasa de mejor calidad buscando optimizar los tiempos de trabajo y reducir costos, a los seleccionadores de café manual se les brindara unas capacitaciones para el uso adecuado del prototipo, y se distribuirán los trabajos en seleccionado o en recolección del mismo.



2.2. **Formulación Del Problema**

¿Será posible implementar un prototipo de máquina que pueda mejorar los tiempos y homogeneidad del seleccionado de café pergamino?

2.3. **Justificación**

El presente trabajo de investigación está enfocado al diseño y construcción de un prototipo seleccionador de café pergamino seco, el proyecto será elaborado en el corregimiento de Matituy municipio de la florida Nariño, que es una de las grandes zonas cafeteras que tiene Nariño, dicho corregimiento genera aproximadamente 195 mil toneladas de café pergamino seco anuales según los datos de investigación recolectado por las cooperativas, lo que conlleva a un trabajo extenuante de selección de café pergamino para tener una buena tasa y con ello un mejor pago del café. Según la federación de café, en este año la calidad del café bueno se pagó a veintidós mil quinientos pesos colombianos, \$22.500 por kilo de café. Por ende, se busca mejorar los tiempos de selección de café y economizar la mano de obra que se implementa en la selección de café, esta máquina trabajará de mejor manera, ya que analizará aproximadamente 60 kilos de café pergamino en un promedio de 15 a 20 minutos como lo hacen los actuales seleccionadores de café, con este economiza tiempo y sobre todo costos en la mano de obra.

Esto nos permite brindar una solución a las familias cafeteras de esta zona implementando la máquina para el mejoramiento de la selección de café, y con ello llevar al campesino caficultor a una optimización del café y beneficios económicos.

Para el diseño y construcción de la máquina se tendrán en cuenta los factores económicos, funcionamiento, eficiencia de la máquina y su respectivo mantenimiento.



3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo de máquina seleccionadora de café de pergamino seco.

3.2. Objetivos Específicos

Investigar los tipos de seleccionado de café pergamino seco

Diseñar un prototipo que mejore el seleccionado de café pergamino seco por medio de vibración de cribas

Identificar los costos de producción del seleccionado de café pergamino seco

Desarrollar plan de mantenimiento del prototipo

PROHIBIDA SU COPIA



4. Marco Referencial

4.1. Marco Contextual

Ubicación:

Matituy es un corregimiento de la Florida Nariño, situado al noreste del territorio colombiano, a una distancia de 34.8 km de San Juan de Pasto capital del departamento de Nariño, se encuentra a una altitud de 1300 metros sobre el nivel del mar, tiene una temperatura de 20 a 05 °C, su extensión territorial es de 20 km y está compuesto por 9 veredas. Su relieve es levemente variado con llanuras y en menor cantidad montañoso. (la Florida,2023)

4.2. Economía

La economía de la región se basa en un sistema de pequeñas fincas de baja tecnología con elementos de mano de obra rudimentarios.

El 50% de la población se beneficia de las actividades agrícolas, ya que en la región se cultiva banano, café, maíz y fique debido al clima y las condiciones cambiantes de la región. (la Florida2023, pg.1) Recientemente también se han introducido otros cultivos como el lulo, el babaco y la arveja, siendo el café el mayor ingreso en esta zona ya que se ha fortalecido en los últimos años generando una economía rentable y sostenible.

4.3. Marco Teórico

En el siguiente ítem se presentan conceptos y teorías importantes que se tendrán en cuenta en el desarrollo del proyecto.

“Colombia y su expresión económica, cultural, política e institucional se caracterizó por que el café ha sido el único producto que ha logrado estabilizar el crecimiento económico a través de las exportaciones.” (Absalón machado c, p.36).



Por otra parte, Colombia ya tiene abierto mercados internacionales y es conocido como uno de los mejores países en exportar café de alta calidad. Fortaleciendo su posición en los mercados asiático y europeo porque reconoce técnicas de producción innovadoras y de alta calidad expresada en sabores y aromas únicos. (Procolombia,2022, párrafo.1) con ello empresas internacionales como Nestlé, Nespresso, Forgers, Starbucks, Maxwell House, entre otras. Nariño entra en este comercio tan importante para la economía del país, debido a su posición geográfica ya que la planta se desarrolla sin inconvenientes.

En el aspecto físico el café tiene demasiado trabajo y técnicas que día a día los agricultores las implementen con el fin de mejorar y tecnificar los procesos del desarrollo de un producto de alta calidad, enfocados en la mejora continua en búsqueda de una mejor comercialización y valorización del grano de café. Por eso no es de extrañarse que Nariño sea un departamento referente en la calidad del producto ya que los productores estandarizan los sistemas de siembra, producción, recolección, despulpado, secado, seleccionado, trillado, tostado, molido y empaçado del café, cumpliendo con distintas exigencias de la SCAA

(SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION), Según (SCAA,2020):

El café de especialidad es aquel que no tiene defectos y tiene un sabor distintivo en la taza. Eso significa que sabe muy bien. El grano debe cumplir con una estandarización las cuales son: El grano de café no debe contener defectos de clase 1: grano negro, grano agrio o vinagre, cereza seca, hongos, cuerpos extraños y granos con restos fuertes.

Se permite un máximo de 5 defectos de categoría 2: granos de café quebrados, maduros, arrugados, flotantes, pelados, pergaminos, pieles o pulpa, cristalizados, descoloridos o rayados, machacados o esponjosos. La muestra debe ser de 350 gramos para obtener estos defectos. Al



clasificar cafés especiales, el nivel de luz sobre la mesa debe ser de espectro completo y al menos 4000 kelvin (K)/1200 lux (lx)/120 velas-pie (fc). El café de especialidad debe clasificarse en una mesa de al menos 0,6096 m² (2 pies²) con un tapete de clasificación negro de al menos el mismo tamaño. El contenido de humedad de los granos de café debe ser inferior a 0,70 (SCAA,2018).

Proceso del cultivo de café: Siembra del café: La plantación se suele realizar de forma manual o mecánica, dependiendo de la superficie y uso del terreno. En el caso de café de calidad o pequeñas plantaciones, tanto la siembra como la cosecha se realizan mayoritariamente a mano.

.5 Las plantaciones de café, donde se cultiva el café, suelen estar situadas a una altitud en la que la temperatura se mantiene entre 18 y 2 °C durante todo el año. (Nestlé Bonka, párrafo.8) Florado del café: desde la siembra hasta el consumo comienza con la floración. Pueden pasar de a 5 años desde el momento en que se planta el café antes de que la planta de café comience a producir frutos que se puedan cosechar. Los árboles de café producen flores que eventualmente se convierten en cerezas de café, que tardan entre 30 y 35 semanas en madurar, dependiendo de la variedad, la humedad y la temperatura. La mayoría de los países productores de café suelen tener una cosecha por año, aunque hay excepciones. El cafetal en Colombia tiene dos floraciones al año y por lo tanto dos cosechas. (Nestlé Bonka, párrafo.14) Cosecha: Una vez que la fruta está madura, el café se puede cosechar de dos maneras: mecánicamente o a mano. El primero se realiza en grandes cafetales ubicados en zonas planas. La principal desventaja de este método de cosecha es que todos los frutos se cosechan después de alcanzar el nivel óptimo de madurez, mientras que el café de siembra y cosecha manual es de mayor calidad porque solo se cosechan las cerezas maduras. En la recolección selectiva, los agricultores regresan al árbol varias veces para recoger cerezas maduras (Nestlé Bonka, párrafo.16). Por consiguiente, se despulpa el fruto y se lo deja en un tanque para que vote el exceso de baba y fermentación. Al otro día se lava el grano de café previamente



despulpado con el fin de que el grano quede limpio y sin baba. Se procede a zarandear el café que pasa por una malla donde saca las impurezas de cascara y se continúa secando el café al medio ambiente, ya sea bajo invernadero o al aire libre, este proceso también se lo genera de forma mecánica con hornos, pero no es recomendable debido a que no tiene una buena homogenización del secado. Dependiendo del clima este proceso dura entre 7 a 15 días. Se continúa con el seleccionado del café pergamino seco, este proceso puede ser mecánico o manual el cual tiene por objetivo sacar el café de menor calidad como café de tonalidad oscura, cardenillo que es el grano afectado por hongos, mordido o cortado, picado por insectos como la broca, inmaduros o resacos, entre otros. Luego de esto se procede al trillado del café para quitar la cascara y que solo quede la almendra sana, por último, es el tostado del café que se hace a unas específicas temperaturas y termina con la molienda.

Como evidenciamos anteriormente el proceso del café es complejo pero el trabajo a realizar se enfoca en la selección del café pergamino seco la cual es manual y mecánica, el inconveniente que se tiene con el proceso manual es que no es homogéneo a diferencia de algunos seleccionadores de café que existen actualmente.

¿Qué es el café pergamino seco?

Es el café que ha pasado por el proceso de cosechado, despulpado, lavado, y secado el cual tiene algunas imperfecciones como lo son:

Monitor seleccionador de café pergamino seco: esta máquina es desarrollada por industrias que buscan la calidad del grano seco, este equipo se usa para materiales granulados en condiciones estables (con poca humedad) con el fin de mejorar la calidad del producto, utilizando la flotación y vibración controlada para la separación de los granos de densidad liviana o con defectos del grano, a través de mallas o zarandas, especializada en tamizar los granos de la mejor manera.

Existen distintos diseños de los seleccionadores de café, pero todos trabajan a vibraciones controladas con el fin de seleccionar de mejor forma el café pergamino seco.

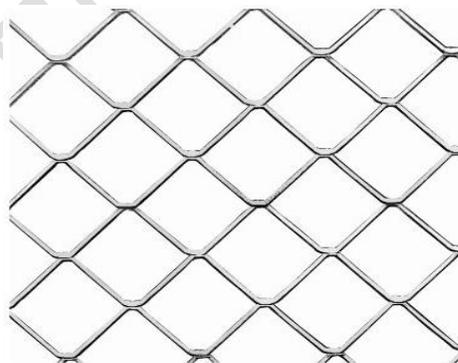
4.3.1. Elementos básicos

Elementos fijos: estas son partes de estáticas de la maquina seleccionadora de café estructura, chapas metálicas, tolva, motor, cribas.

Elementos móviles: estas son las partes que generar y transmiten movimiento poleas, bandas, rodamientos, ejes, ruedas dentadas, mecanismos de deslizamiento para las cribas, elemento de transmisión de potencia, (poleas y bandas flexibles, rueda dentada y cadena o engranes rígidos)

Cribas: son especializadas Es usada para realizar la separar granos de café pergamino seco de acuerdo a su tamaño por gravedad así mismo separa los defectos de forma rápida y mejorar la calidad del producto, manejo simple, consumo mínimo de energía, control de distribución del grano

Figura 1
Criba

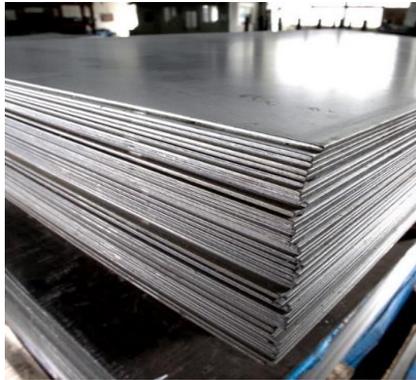


Fuente: ferredistraco (2022)



Lamina de acero inoxidable: son laminas hechas en aleaciones de hierro, cromo entre otros elementos, poseen alta resistencia a la corrosión por ende es fundamental para la industria alimentaria o implementada a maquinaria especial.

Figura 2
Hojas de lámina de acero



Fuente: Cortes (2018)

Tipos de motor: Actualmente, los tipos de motores que se utilizan en los vehículos son los motores de gasolina. (Otto) y diésel (Diesel). También hay sistemas más ecológicos, como el eléctrico y el híbrido, sin olvidar los motores de hidrógeno y gas (G.L.P). También debemos considerar los motores de dos tiempos (motores de ciclo, motos, motosierras), motores de cuatro tiempos (coches) y rotativos (Wankel).

Funcionamiento: El funcionamiento de un motor es el mismo para todos, ya sea monocilíndrico o multicilíndrico. El mecanismo se basa en el principio de manivela-manivela, que cambia el movimiento de ida y vuelta de la rueda. (CETES)

Motor trifásico: Los motores eléctricos suelen hacer la conversión de energía eléctrica en energía mecánica; se utilizan para controlar diversos dispositivos y se conectan a las instalaciones eléctricas mediante elementos adecuados y necesarios. (Farina, 2018)

Figura 3
Motor trifásico



Fuente: Exhibir (2023)

Motor monofásico: Los motores monofásicos son motores de baja potencia parcial principalmente: 1/4 hp, 1/2 hp, 3/4 hp, 1 hp, para uso doméstico o pequeños talleres o comercios donde funcione con corriente alterna monofásica. Se construyen diferentes tipos de motores monofásicos, cada uno de los cuales tiene sus características estructurales y funcionales. (Motores Monofasicos , s.f.)

Figura 4
Elementos de un motor monofásico



Fuente: Alberto (2018)

Rodamientos: Por lo general, los rodamientos constan de dos anillos, elementos rodantes y jaula, Se clasifican en rodamientos radiales o de bolas, dependiendo de la dirección de la carga principal. También dependiendo del tipo de elementos rodantes Se clasifican en rodamientos de bolas o de rodillos y se clasifican en función de estas diferencias para un diseño o uso particular.(NSK,s.f.)

Figura 5
Rodamientos



Fuente: BBR (2018)

Eje exentrico: Es un eje que puede tener dos o más diámetros rotados paralelos entre sí, pero no concéntricos con el eje normal de la pieza . Los excéntricos se utilizan en dispositivos de bloqueo de cigüeñales de automóviles donde es necesario cambiar el movimiento rotatorio a movimiento recíproco, y viceversa. (SENA,s.f.)

Figura 6
Boceto eje exentrico



Fuente: (Mecanizados OSA, 2022)

Angulos metalicos: Ángulo de acero estructural, este es laminado en caliente (LAC), los lados planos forman un ángulo recto con radios interiores uniformes, ideal para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparación. (ACEROSVEL, 2023)

Figura 7
Barras de angulos metalicos



Fuente: (ACEROS ESPECIALES, 2023)

Poleas: es un mecanismo utilizado para transmitir fuerza y actuar como mecanismo de tracción, reduciendo la fuerza requerida para mover o suspender un peso en el aire.

Figura 8
Elementos que componen la polea



Fuente: (escalera, 2020)

Bandas de distribución: se encarga de transmitir el movimiento circular en un sistema mecánico.

Figura 9
Bandas



Fuente: (GRUPO HERRES, 2023)

Parada de emergencia: La función principal del dispositivo de parada de emergencia es interrumpir en caso de peligro y detener la máquina lo más rápido posible.

Figura 10
Boton rojo de parada de emergias

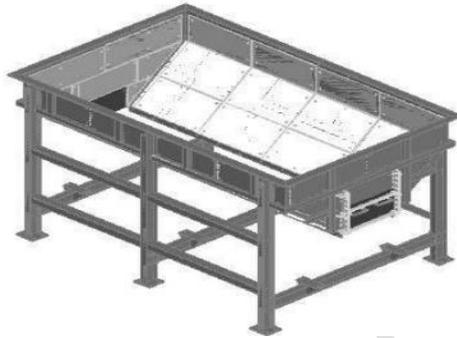


Fuente: (SOCRA,2022)

Tipos de tolvas:

Tolvas de gruesos: son depósitos utilizados para almacenar mineral crudo de la mina y, por lo tanto, alimentar regularmente a las trituradoras. (Amorós et al, s.f.)

Figura 11
Tolva grande



Fuente: (Amorós, Mallol, Sánchez, & García)

Las tolvas de finos: son depósitos que se utilizan para almacenar mineral fino que ya ha sido triturado y para la alimentación regular de otro proceso (Amorós et al, s.f.)

Figura 12
Tolva pequeña



Fuente: (BRICOFIRE,2023)

Tipos de estructuras:

Estructuras masivas: Son duras, macizas, pesadas y muy fuertes. Ejemplo: una pared.

Figura 13

Pirámide estructura masiva



Fuente:(PV magazine,2018)

Estructuras entramadas: Se componen de columnas y vigas que sirven como elementos de carga o soporte. Ejemplo: La estructura de un edificio.

Figura 14

Estructura de un edificio

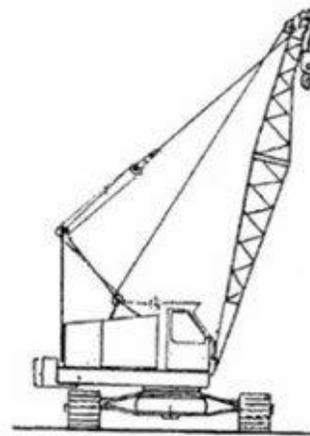


Fuente: (area tecnologia, 2022)

Estructuras trianguladas: Consisten en tiras que forman un triángulo. Se caracterizan por su ligereza y resistencia. Ejemplo: Grúas, torres de alta tensión

Figura 15

Estructura de una grúa

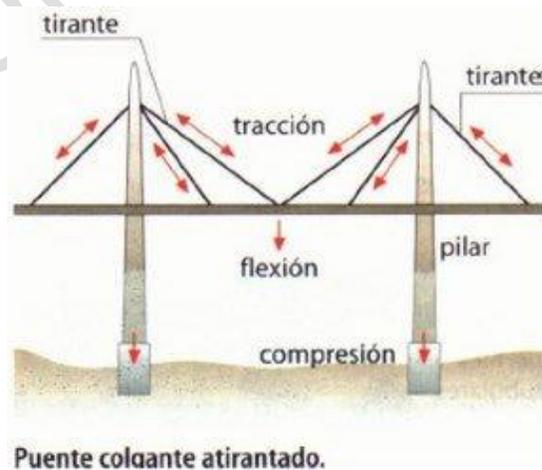


Fuente: área tecnológica (2022)

Estructuras colgadas: Se mantienen en su lugar mediante cables y soportes unidos a un soporte resistente. Ejemplo: Puentes colgantes, tiendas de campaña, carpas de circo

Figura 16

Puente colgante



Fuente: (area tecnologia, 2022)



En el caso de la maquina planeamos implementar una base con estructura triangulada para tener un soporte rígido y seguro para la colocación de los elementos

Brazo oscilante: La función del brazo oscilante consiste principalmente absorber las fuerzas horizontales ejercidas por un movimiento oscilatorio.

Figura 17
Brazo oscilante



Fuente: Spareto (2023)

MALLAS CRIBA

Tipos de cribas

- Aberturas rectangulares
- Abertura cuadrada
- Grant-ton
- Rectangular paralelo
- Rectangular invertido

Tabla 1

Dimensión de cribas

| NUMERO DE CRIBA | DIMENSIONES EN mm | |
|-----------------|-------------------|---------|
| 10 | 4.00 | |
| 12 | 4.75 | |
| 13 | 5.00 | GRANO |
| 14 | 5.60 | PEQUEÑO |
| 15 | 6.00 | |
| 16 | 6.30 | |



| | | |
|----|------|------------------|
| 17 | 6.70 | GRANO MEDIANO |
| 18 | 7.10 | |
| 19 | 7.50 | GRANO |
| 20 | 8.00 | GRANDE |

Fuente: (Imbachi, 2019)

4.3.2. Equipos sugeridos para el operario de la maquina

Overol o ropa de trabajo: Este es una prenda de una pieza. Por lo general, se usa sobre la ropa para protegerla. Aunque originalmente se pensó como ropa de trabajo. (Murcia et al., 2019)

Casco contra impacto: “Se utilizan para proteger o al menos reducir la gravedad de lesiones en la cabeza y el cuello causadas por golpes y/o pinchazos por caída de herramientas, tornillos, fragmentos de metal y otros objetos”. (Murcia et al., 2019)

Guantes dieléctricos: “Los trabajadores los utilizan para proteger sus manos cuando realizan tareas eléctricas. Gracias al material aislante del que están fabricados, evita la posibilidad de daños en caso de descarga eléctrica”. (Murcia et al., 2019)

Mascarilla desechable: “Estas mascarillas están diseñadas para proteger a los trabajadores que están expuestos durante la jornada laboral a sustancias o bacterias que son invisibles pero que pueden entrar en su cuerpo y provocarles infecciones respiratorias”. (Murcia et al., 2019)

Anteojos de protección: “Son la primera barrera que protege nuestros ojos de posibles accidentes laborales Botas impermeables: son la mejor protección para los pies contra la lluvia y el polvo en el campo”. (Murcia et al., 2019)



4.4. Ecuaciones para cálculo de elementos.

Potencia:

Ecuación 1

$$P = T \times \omega$$

Donde:

$P = \text{Potencia}$

$T = \text{Torque}$

$\omega = \text{Velcidad angular}$

Ecuación 2

Velocidad angular:

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

Donde:

$\theta = \text{Angulo}$

$t = \text{timepo}$

$\omega = \text{Velcidad angular}$

Consumo:

Ecuación 3

$$\text{Consumo} = P \times T$$

Donde:

$P = \text{Potencia en watts}$



$T =$ Tiempo en horas

Relación de poleas:

Ecuación 4

$$lR = \frac{\text{Diametro mayor}}{\text{Diametro menor}}$$

Donde:

$lR =$ Relacion de poleas

Ecuación 5

Relación de transmisión:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{O} \quad i = \frac{\text{diametro 2}}{\text{diametro 1}}$$

Donde:

$i =$ relacion de transmision

$n_1 =$ velocidad en rpm de la primera polea

$n_2 =$ velocidad en rpm de la segunda polea

$d_2 =$ Diametro de la segunda polea

$d_1 =$ Diametro de la primera polea

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + \tau_{max}^2}$$

Donde:

$\sigma' =$ teoria de falla



$\sigma = \text{esfuerzo normal}$

$\tau_{max} = \text{esfuerzo cortante maximo}$

Ecuación 6

Velocidad lineal:

$$v = \omega r$$

Donde:

$v = \text{velocidad lineal}$

$\omega = \text{velocidad angular}$

$r = \text{radio de la polea}$

Momento: En general, es una fuerza intenta provocar un desplazamiento o deformación en el cuerpo sobre el que se aplica y se la denota con la letra M y se la puede calcular como:

Ecuación 7

$$M = F \times d$$

Donde:

$M = \text{Momento}$

$F = \text{Fuerza}$

$d = \text{Distancia}$

Longitud de banda:

Ecuación 8



$$Lp = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

Donde:

Lp = Logitud de paso de la banda

D = Diametro de la polea conducida

d = Diametro de la polea conductora

C = Distancia aproximada de centros

Esfuerzo cortante máximo:

Ecuación 9

$$\tau_{max} = \frac{TxC}{J}$$

Donde:

τ_{max} = Esfuerzo cortante maximo

T = Torque

c = Radio

J = Momento polar de inercia

Momento polar de inercia con relación al diámetro:

Ecuación 10

$$J = \frac{\pi}{32} x D^4$$

Donde:

J = Momento polar de inercia



$D = \text{daimetro}$

Momento flector Máximo

Ecuación 11

$$M = WxL$$

Donde:

$M = \text{Momento}$

$w = \text{Carga}$

$L = \text{Distancia}$

Esfuerzo cortante Máximo

Ecuación 12

$$\sigma = \frac{Txc}{I}$$

Donde:

$T = \text{Torque}$

$c = \text{Radio}$

$I = \text{Momento de inercia}$

$\sigma = \text{Esfuerzo normal}$



Momento de inercia:

Ecuación 13

$$I = \frac{\pi x D^4}{64}$$

Donde:

$I =$ Momento de inercia

$D =$ Diametro

Teoría de falla:

Ecuación 14

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 x \tau_{max}^2}$$

Donde:

$\sigma' =$ teoria de falla

$\sigma =$ esfuerzo normal

$\tau_{max} =$ esfuerzo cortante maximo

Consumo de energia del motor

Ecuación 15

$$E = KWxh$$

Donde:

$E =$ consumo de energia del motor

$KW =$ Kilo Watts

$h =$ Horas de trabajo



Ecuación de torque:

Ecuación 16

$$T = Fxr$$

Donde:

$T = Torque$

$F = Fuerza$

$r = radio$

4.5. Marco legal

Tabla 2

Marco legal

| | NORMA/LEY | DESCRIPCION |
|---|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | iso 14159: 2002 | (seguridad de la máquina y requisitos de higiene para el diseño de maquinaria). Diseño de máquinas y especificaciones de diseño, la aplicación de los contenidos que indican la norma es importante para el “diseño higiénico de las máquinas y sus componentes” además tienen en cuenta “los elementos de diseño fundamentales que pueden emplearse para la construcción de equipos”. Superficies: Un acabado de alta calidad de las superficies de los componentes que están en contacto con los productos se hace imprescindible para evitar cualquier impureza microbiana. Esto se mide con un instrumento llamado rugosímetro, el valor ideal de rugosidad media (Ra) es de ≤ 0.8 micrómetros. Ángulos interiores, esquinas y radios: Los radios extremadamente pequeños y las esquinas representan siempre un riesgo para la higiene, para controlar esto el radio mínimo especificado es de 3mm. Esta norma se revisó y confirmó por última vez en el 2018, por lo tanto, esta versión permanece vigente. (iso, 2002) |
| 2 | NORMA TÉCNICA | Esta norma especifica los requisitos funcionales y los principios para el diseño de la función de parada de emergencia de las máquinas, independientemente del |



| | | |
|---|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | COLOMBIANA NTC 5764 | tipo de energía utilizada para ordenar la función” Parada de emergencia (función de parada de emergencia): se enfoca en evitar la aparición de peligros o reducir los riesgos existentes que puedan perjudicar a las personas, a la máquina o al trabajo en curso y a ser iniciada por una sola acción humana. (NTC, 2010) |
| 3 | LEY 9 DE 1979, Artículo 3o. | Para el control sanitario de los usos del agua se tendrán en cuenta las siguientes opciones, sin que su enunciación indique orden de prioridad. (Ministerio de salud, 1979) |
| 4 | LEY 9 DE 1979 Artículo 4o. | El Ministerio de Salud establecerá cuales usos que produzcan o puedan producir contaminación de las aguas, requerirán su autorización previa a la concesión o permiso que otorgue la autoridad competente para el uso del recurso. (Ministerio de salud, 1979) |
| 5 | LEY 9 DE 1979 Artículo 22. | Las actividades económicas que ocasionen arrastre de residuos sólidos a las aguas o sistemas de alcantarillado existentes o previstos para el futuro serán reglamentadas por el Ministerio de salud. (Ministerio de salud, 1979) |
| 6 | LEY 9 DE 1979 capítulo 3 artículo 80. | para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones la presente Ley establece normas tendientes a: a) Prevenir todo daño para la salud de las personas, derivado de las condiciones de trabajo; b) Proteger a la persona contra los riesgos relacionados con agentes físicos, químicos, biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que pueden afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo; c) Eliminar o controlar los agentes nocivos para la salud en los lugares de trabajo; d) Proteger la salud de los trabajadores y de la población contra los riesgos causados por las radiaciones; e) Proteger a los trabajadores y a la población contra los riesgos para la salud provenientes de la producción, almacenamiento, transporte, expendio, uso o disposición de sustancias peligrosas para la salud pública. (Ministerio de salud, 1979) |



LEY 9 DE
1979 Riesgos
7 eléctricos artículo 117
y 118.

ARTICULO 117. Todos los equipos, herramientas, instalaciones y redes eléctricas deberán ser diseñados, contruidos, instalados, mantenidos, accionados y señalizados de manera que se prevengan los riegos de incendio y se evite el contacto con los elementos sometidos a tensión. (ministerio de salud, 1979)
ARTICULO 118. Los trabajadores que por la naturaleza de sus labores puedan estar expuestos a riesgos eléctricos, serán dotados de materiales de trabajo y equipos de protección personal adecuados para prevenir tales riesgos. (Ministerio de salud, 1979)

Fuente: Autoría propia

4.6. Marco Tecnológico

En la actualidad la ingeniería es la mejor herramienta para el desarrollo tecnológico e innovador, la aplicación de estas tecnologías se hacen con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas con el objetivo de mitigar un problema y darle solución de manera objetiva.

En el presente el desarrollo de softwares es uno de los aspectos más positivos, debido a que gracias a estos se han podido diseñar distintos mecanismos y máquinas de manera precisa como es el caso de SolidWorks, Inventor Profesional, libreCAD, AutoCAD, entre otros programas, los cuales simulan de manera más precisa el funcionamiento de la máquina. A continuación presentamos unos dispositivos relacionados con el proyecto a desarrollar:

Clasificadora de granos rotativa:

Cuenta con un motor eléctrico, con un sistema motriz, utiliza un mecanismo de bandas con la función de reducir la velocidad para obtener una clasificación homogénea del grano, pero no cuenta con un manejo práctico debido a su forma cilíndrica.

Figura 18

Seleccionador cilindrico de granos de café



Fuente: (Vulcano tec, 2023)

Monitor MZ-600

Maquina industrial seleccionadora de café almendra con una capacidad de 100 a 300 kilogramos de café por hora, con un peso de 167 kilogramos trabaja a 110v o 220v con un motor de 0.75 HP.(Ekipado, Magra, 2022, pg. 1)

Figura 19

Seleccionador de café almendra



Fuente:(Empresa magra, Ekipado, 2022)

Monitor de clasificación ING-MO-800

Monitor industrial de clasificación para almendra verde, de cinco salidas de clasificación preinstalada con una capacidad de clasificación de 800kg de café verde / hora (INGESEC,2023)

Figura 20

Maquina industrial para seleccionar almendra verde

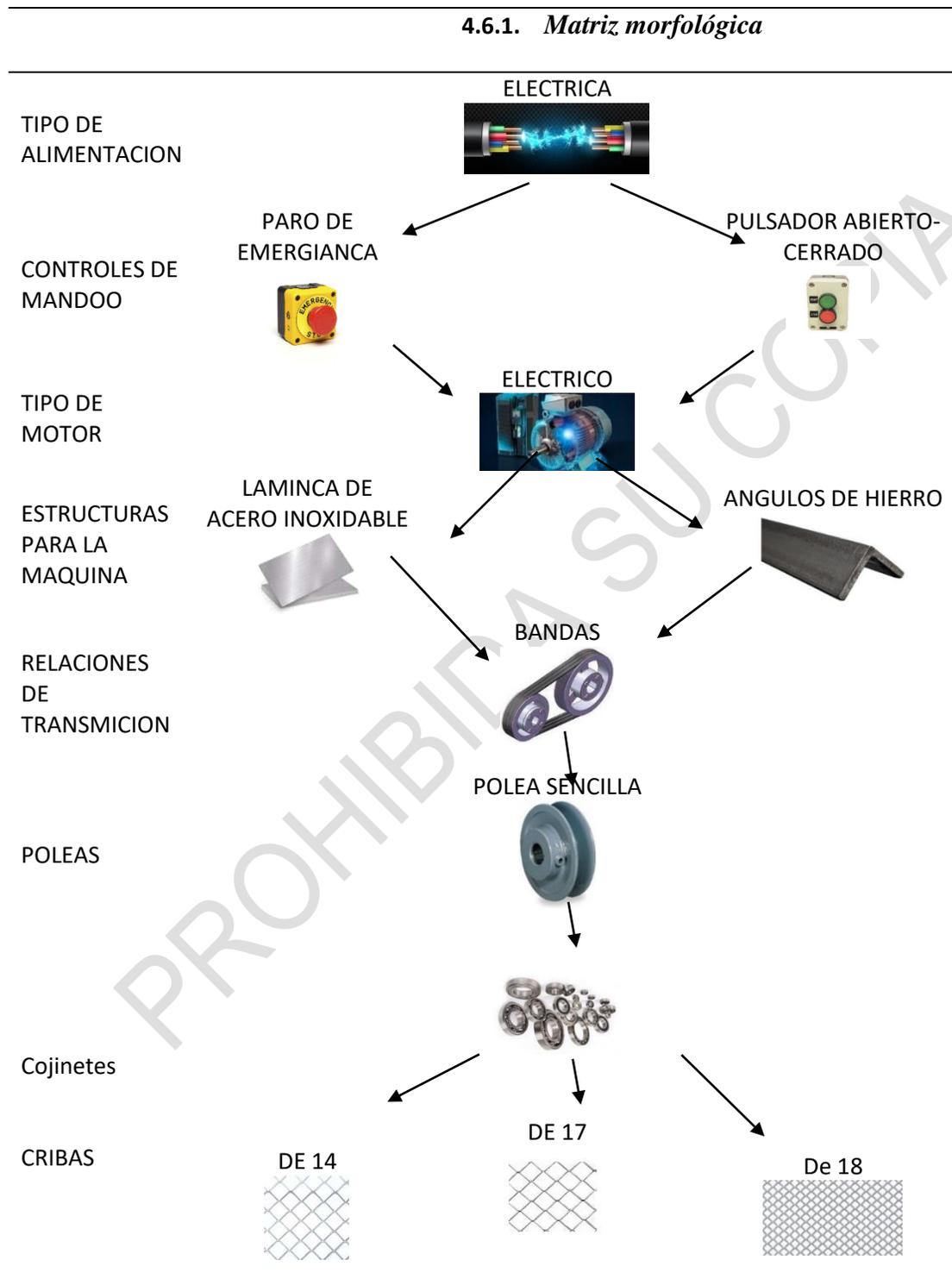


Fuente:(ING-MO-800,2023)

PROHIBIDA SU COPIA

Tabla 3

Diseño de matriz morfológica

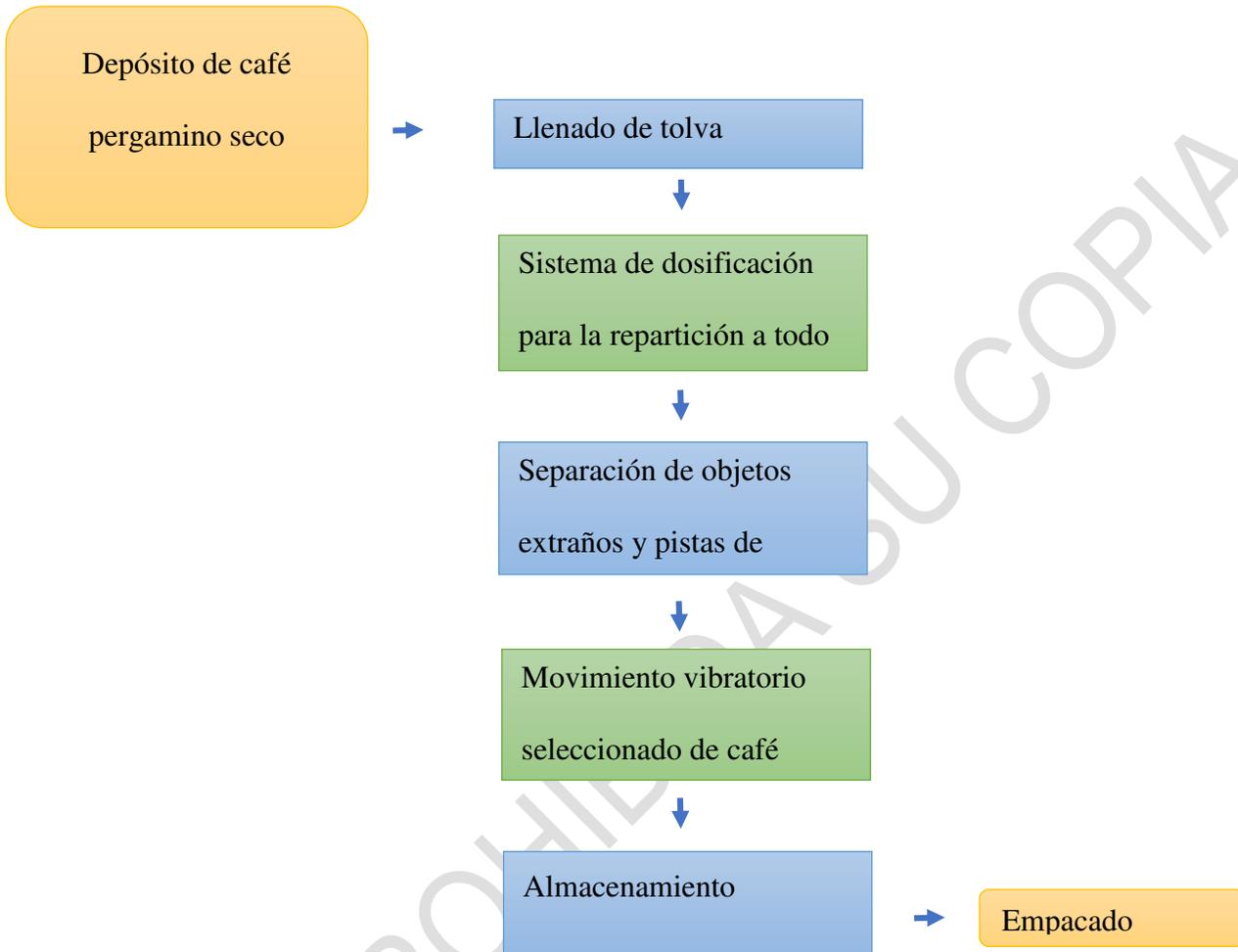


Fuente: Autoría propia

4.6.2. Funcionalidad

Tabla 4

Diagrama



Fuente: autoría propia



5. Diseño De Aspectos Metodológicos

5.1. Investigación Línea

La línea de investigación que se ha tomado para el desarrollo proyecto está dada por corporación universitaria autónoma de Nariño basada en Diseño de máquinas o equipos industriales. Enfocados en el desarrollo tecnológico en el área de equipos agrícolas, gracias a la aplicación de conocimientos tanto teóricos como prácticos adquiridos durante el desarrollo de la carrera de ingeniería mecánica, enfocados en el diseño y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA, herramientas o equipos que permitan la solución de un problema industrial; mejorando su eficiencia, a un bajo costo, con un óptimo aprovechamiento de la energía y con el menor impacto ambiental como lo sería en este caso la reducción de esfuerzos a la hora la selección de café pergamino seco.

5.2. Enfoque

Se aplicará un enfoque cuantitativo, desarrollando las ciencias exactas, brindando así diferentes soluciones de recolección de datos, permitiendo ver los métodos de la clasificación de café, cantidades, tiempos de seleccionado y ver la viabilidad para mejorar los tipos de seleccionado de café por medio de una máquina que mejore los costos que la mano de obra implica.

5.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se toma para el desarrollo del proyecto es una investigación descriptiva y experimental, porque nos enfocamos en la creación de preguntas y análisis de datos sobre la selección de café, de manera puntualizada y caracterizar los métodos para la solución del problema que se ha planteado, implementando variables investigativas en áreas tecnológicas, científicas, y de observación encaminados en procesos de mejorar la cantidad y calidad en el seleccionado de café de manera que sea ventajoso para el productor, y experimental porque



utilizamos softwares para el análisis de las variables, que puedan afectar y mejorar la calidad de la máquina .

5.4. **Método**

El método es deductivo e inductivo, ya que generamos conclusiones a partir de un problema generado en la selección de café pergamino seco, implementando estas conclusiones para brindar una solución, diseñando y construyendo un prototipo de máquina que pueda satisfacer la necesidad de tener un café de alta calidad reduciendo los costos de producción, evaluando así la eficiencia y aprovechamiento de la máquina.

5.5. **Hipótesis**

Según los estudios e investigaciones se puede llegar a un diseño y construcción de una maquina seleccionadora de café pergamino seco, con el objetivo de acelerar el seleccionado de café adoptando los requerimientos que se necesitan emplear , para ello se plantea la adaptación de un prototipo de máquina que realiza el proceso por medio de vibraciones generando el desplazamiento del pergamino seco atreves de las diferentes cribas, el prototipo es alimentado por un motor eléctrico atreves de bandas y poleas, se pretende que este prototipo genere una disminución del tiempo de seleccionado y que el producto tenga una mayor calidad en la tasa de café y así aumentar el precio de compra por parte de los proveedores.

5.6. **Variables**

Independientes:

1. Calidad del café
2. Cantidad de café
3. Textura y tamaño del café
4. Variedad de café



Dependientes:

1. Alimentación eléctrica
2. Potencia del motor
3. Transmisión de poleas y bandas
4. Revoluciones por minuto
5. Tiempo de seleccionado

PROHIBIDA SU COPIA



6. Elementos de administración y control

6.1. Recursos físicos y técnicos

6.1.1. Recursos Técnicos.

- Instrumentos de medición
- Herramientas mecánicas de soldadura
- Herramientas electrónicas

6.1.2. Recursos Físicos.

- Repositorio institucional Aunar
- Repositorio institucional Unad
- Taller informativo Asprocaes (Empresa de compra y venta de café)

6.2. Talento humano

Grupo de investigación:

Junior Alexander Gómez Cabrera
Fernando Steven Luna Timaran

Asesor técnico y metodológico:

Ingeniero Mecánico Juan Guillermo Chinchajoa



6.3. Presupuesto

Tabla 5

Equipos y materiales

| Ítem | descripción | unida d | Valor unidad | Cantida d | Costos | | |
|----------|------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|----------------|-------|-------------|
| | | | | | Estudiant e | Aunar | Valor total |
| 1 | Maya para criba | Metros cuadra dos | \$180.000 | 4 | \$ 720.000 | \$0 | \$ 720.000 |
| 2 | Estructura metálica acero | Metro | \$15.000 | 20 | \$300.000 | \$0 | \$300.000 |
| 3 | Sistema de transmisión de potencia | | \$120.000 | 4 | \$480.000 | \$0 | \$480.000 |
| 4 | EJE ACERO 1045 | pulgad a | \$90.000 | 2 | \$180.00 | \$0 | \$180.000 |
| | Lamina de acero | Metros | 283.200 | 2 | \$566.400 | \$0 | \$566.400 |
| 5 | Motor monofásico | rpm | \$600.000 | 1 | \$600.000 | \$0 | \$600.000 |
| 6 | Bandas | metro | \$80.000 | 2 | \$160.000 | \$0 | \$160.000 |



| | | | | | | | |
|--------------|------------------------|--------|----------|---|----------|-----|-------------|
| 7 | Brazo de acero 1040 | Metros | \$85.000 | 1 | \$85.000 | \$0 | \$85.000 |
| Total | | | | | \$ | \$0 | \$3'090.400 |
| | | | | | 3'090.40 | | |
| | | | | | 0 | | |

Fuente: Autoría propia

Tabla 6

personal

| Ítem | Cargo | Descripción | Valor hora | Cantidad de horas | Costos | | |
|--------------|---------------------|-------------|------------|-------------------|------------|-------------|-------------|
| | | | | | Estudiante | Aunar | Valor total |
| 1 | Investigador | Estudiante | \$1.500 | 800 | \$1.200.00 | \$0 | \$1.200.000 |
| | | AUNAR | | | 0 | | |
| 2 | Investigador | Estudiante | \$1.500 | 800 | \$1.200.00 | \$0 | \$1.200.000 |
| | | AUNAR | | | 0 | | |
| 3 | Asesor técnico | Profesor | \$13125 | 40 | \$0 | \$525.000 | \$525.000 |
| | | AUNAR | | | | | |
| 4 | Asesor metodológico | Profesor | \$13125 | 40 | \$0 | \$525.000 | \$525.000 |
| | | AUNAR | | | | | |
| Total | | | | | \$2.400.00 | \$1.050.000 | \$3.450.000 |
| | | | | | 0 | | |

Fuente: Autoría propia



Tabla 7

Presupuesto general

| Ítem | Cargo | Costos | | |
|------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Estudiante | Aunar | Valor total |
| 1 | Personal | \$2.400.000 | \$1.050.000 | \$3.450.00 |
| 2 | Equipos y materiales | | | \$3.090.400 |
| | Total | | | \$6.540.400 |

Fuente: Autoría propia

PROHIBIDA SU COPIA



Tabla 8

Cronograma de actividades 2023

| ACTIVIDADES | Enero | febrero | marzo | Abril | mayo | junio | julio | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre |
|----------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Desarrollo de anteproyecto | | | | | | | | | | | | |
| Presentación del anteproyecto | | | | | | | | | | | | |
| Complementación de la investigación | | | | | | | | | | | | |
| Investigación de prototipos existentes | | | | | | | | | | | | |
| creación de planos del prototipo | | | | | | | | | | | | |
| Compra de materiales primarios | | | | | | | | | | | | |
| Inicio de construcción | | | | | | | | | | | | |
| Compra de materiales restantes | | | | | | | | | | | | |
| implementación de nuevos materiales | | | | | | | | | | | | |
| Inicio de pruebas del prototipo | | | | | | | | | | | | |



7. Desarrollo del proyecto

En siguiente trabajo de estudio de expresan los conocimientos adquiridos al transcurso de la carrera de ingeniería Mecánica, además de sustentar los cálculos y metodologías aplicadas en el proyecto. Definiendo primeramente el problema a solucionar, creando objetivos acordes a la temática, aplicación de métodos de investigación y aplicación de softwares para el diseño del prototipo y con estos ver los problemas que podemos tener a la hora de la construcción, por otro lado, la utilización de cálculos a mano basados en los libros de Robert L. Mott (Diseño de elementos de máquinas cuarta edición) y Shigley (Diseño en ingeniería mecánica), y con ello culminar los procesos de diseño y construcción del prototipo, y ver la optimización del proceso de seleccionado de café y como solventar la necesidad planteada al inicio del documento.

7.1. Investigación del café y su seleccionado

Colombia es el tercer mayor exportador de café a nivel mundial un país considerado como una potencia en el café debido a su posición geográfica según la Organización Internacional de Café (ICO, por sus siglas en inglés) después de Brasil y Vietnam, por ello siempre el mercado es competitivo ya que todos estos países además de otros quieren ser los mejores y ser reconocidos por tener la mejor taza de café y por ende tener un mejor precio a la hora de vender, por eso muchos campesinos de Colombia y de Nariño especialmente se dedican a la selección manual del café pergamino seco, debido a que en este estado se puede verificar de mejor manera los granos defectuosos y a la hora de ser trillado y tostado este café seleccionado tendrá un mejor sabor y aroma y el precio de este será pagado acorde a la calidad además de ser considerados cafés especiales. Por otra parte, sin este seleccionado el café puede tomar sabores ajenos a la calidad debido a que la almendra de algunos granos puede amargar o disgustar al consumidor.

Continuado con lo planteado algunos países implementan sistemas de seleccionados de café pergamino seco para obtener una mejor calidad, debido que el seleccionado manual es muy lento, demorado y costoso para los campesinos, aunque el proceso es efectivo Según Asprocaes SAS especialistas de café en Nariño el seleccionado manual tiene una eficiencia del 82% y se refleja en la prueba de tasa pero es muy costoso, por ello el desarrollo tecnológico en la industria agrícola se ha desarrollado para buenos fines, creando maquinas con el fin de generar una homogeneidad en los granos de buena calidad y separar los defectuosos como los de la siguiente figura.

Figura 21
Clasificación de grano imperfecto



Fuente:(Pinterest, 2022)

Figura 22
Selección manual



Fuente:(Que café, 2019)

En el estudio de este proyecto se analiza el funcionamiento de dispositivos existentes que hacen un trabajo con la materia prima que es el café, en la figura 22, podemos ver una trilladora de café pergamino que cuenta con un cilindro que ayuda a seleccionar el mejor café tipo almendra, este dispositivo clasifica el café para que sea tipo exportación, este dispositivo según (PENAGOS Clausen, 2022) es un dispositivo que trabaja con un motor de 5 Hp, tiene una capacidad para 300 kg/hr. (café pergamino seco); 230 kg/hr. (café natural). Cuenta con dos salidas: una para el café almendra y otra para el ripio o partido de inferior calidad de tamaño.

Figura 23

Trilladora de café k-300



Fuente:(Equipos Penagos Clausen para café, 2022)

Por otro lado, también tenemos una Seleccionadora por tamaño de grano para café, como lo muestra la figura 24, este equipo cuenta con un caracol grande, granos elefantes y burras. por

numeración: #12, #14, #16, #18 y #20 Son 5 Zarandas: 12/64, 14/64, 16/64, 18/64 y 20/64. Por el frente saldrá Café bola, basura y restos. Cuenta con Motor Eléctrico (Monofásico a 110 V / 220 V, dependiendo la producción requerida). Cuenta con una eficiencia de seleccionado del 85% y su vida útil es favorable ya que está hecha en materiales de alta calidad.

Figura 24

Seleccionadora de café por tamaño



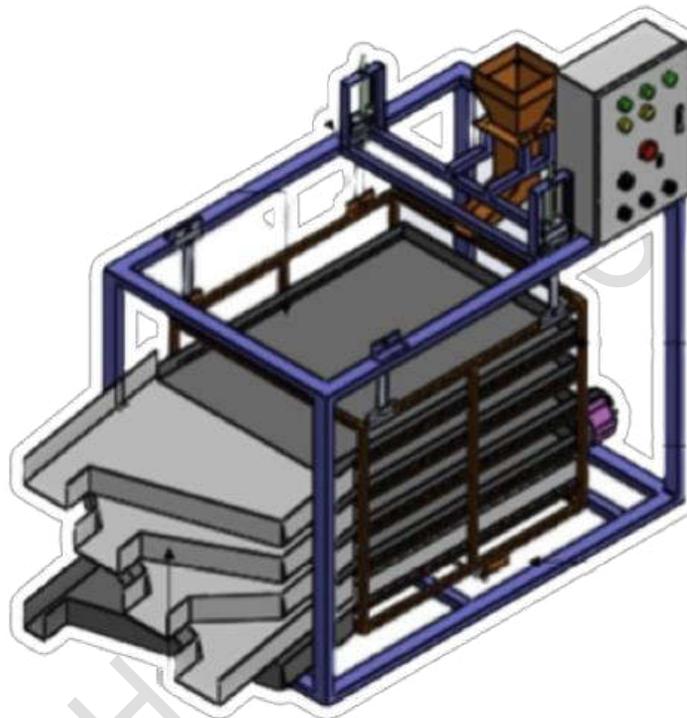
Fuente:(MT Maquinaria, 2019)

Por otra parte, también existen seleccionadoras que son de cribas planas agujereadas y seleccionan el café dependiendo del calibre de la criba o malla, en la figura 25 se muestra un dispositivo que está diseñado para seleccionar el café trillado, este cuenta con cuatro bandejas cuyos diámetros son de 4.5, 6, y 7 mm según (Chungcharoena et al, 2019), el funcionamiento está hecho por levas que son movidas por un motor eléctrico de 1 hp, el sistema vibratorio está controlado y hace que el grano se alga y se seleccione de manera uniforme , según la investigación publicada por MATEC web of conferences 2019 la inclinación óptima de las bandejas es de 5.06

grados con una velocidad de acilación de 183 rpm lo cual les arroja un resultado de seleccionado de café del 80%

Figura 25

Seleccionadora de café por medio de cribas



Fuente: (Chungcharoena et al.2019)

7.2. Conceptualización del diseño

Diseñar una seleccionadora de café en SolidWorks es un proceso que involucra la creación de un modelo 3D detallado de la máquina para garantizar su funcionalidad y eficiencia. Aquí explicamos los pasos clave para llevar a cabo este proceso de diseño:

Definición de requisitos: Antes de comenzar el diseño en SolidWorks, es esencial comprender los requisitos específicos de la seleccionadora de café. Esto incluye la capacidad de



procesamiento, los tamaños y tipos de granos de café a procesar, los estándares de calidad y cualquier otra especificación relevante.

Diseño conceptual: En esta etapa, se crea un boceto o dibujo conceptual que define la disposición general de la máquina. Se determinan las ubicaciones de las tolvas de entrada y salida, los sistemas de selección por tamaño y peso, así como otros componentes clave.

Creación de ensamblaje en SolidWorks: Se inicia un nuevo ensamblaje en SolidWorks y se comienza a agregar los componentes principales de la seleccionadora de café, como las tolvas, los tamices para la creación de las cribas, el funcionamiento vibratorio, motores etc. Cada componente se coloca y ensambla de acuerdo con el diseño conceptual.

Modelado de piezas individuales: Cada componente se modela individualmente en SolidWorks, teniendo en cuenta las dimensiones exactas y las tolerancias necesarias. Se aplican las características específicas de cada componente, como agujeros, roscas y detalles de superficie.

Ensamblaje de componentes: A medida que se completan las piezas individuales, se ensamblan en el modelo principal de SolidWorks. Las relaciones de ensamblaje se definen para garantizar que los componentes funcionen juntos de manera adecuada.

Simulación y análisis: SolidWorks permite realizar simulaciones y análisis de estrés para evaluar la integridad estructural y la eficiencia de la máquina. Esto ayuda a identificar posibles problemas y realizar mejoras antes de la fabricación.

Generación de planos técnicos: Se crean planos técnicos detallados que muestran las vistas, cortes y secciones necesarios para la fabricación de cada componente de la seleccionadora de café. Estos planos incluyen dimensiones, tolerancias y especificaciones de materiales.

Renderización y visualización: SolidWorks también permite crear representaciones visuales realistas del diseño, lo que facilita la presentación del proyecto a clientes o inversores. Se pueden aplicar texturas, colores y efectos de iluminación para obtener imágenes de alta calidad.

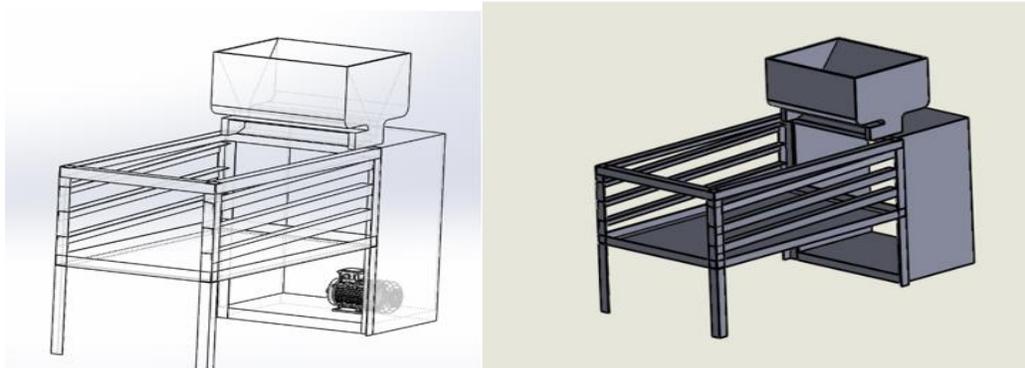
Optimización y revisión: Se revisa el diseño en busca de posibles mejoras en términos de eficiencia, costos de fabricación y mantenimiento. Los cambios necesarios se implementan en el modelo de SolidWorks.

Documentación final: Se genera una documentación completa que incluye todos los planos, ensamblajes y archivos necesarios para la fabricación y ensamblaje de la seleccionadora de café.

Una vez completado este proceso de diseño en SolidWorks, la información se utiliza para la fabricación de la máquina seleccionadora de café, asegurando que cumpla con los estándares de calidad y rendimiento deseados.

Figura 26

Boceto del prototipo



Fuente:(Autoría propia)

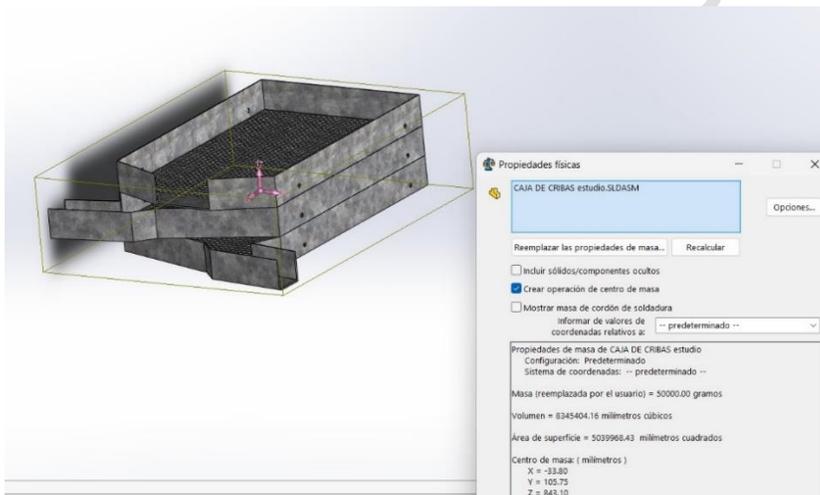
7.3. Análisis estructural diseño final

El análisis de las estructuras de una base es esencial para garantizar la estabilidad, la resistencia y la seguridad de la máquina que dependa de dicha base. En la figura 26 muestra los algunos datos de la estructura como el volumen, masa y área superficial de la máquina, estos datos

son de importancia para el desarrollo del proyecto, este análisis se hace para verificar el material y según (Rojas y arenas, Universidad nacional,2018) El acero estructural se presenta por lo general en forma de perfilería o laminas. Es un material que posee alta resistencia a compresión como a tracción. Por ello gracias a nuestros conocimientos adquiridos durante el desarrollo de ingeniería mecánica hemos elegido un acero estructural A36 con unas dimensiones de los ángulos de 25 mm X 25mm X 3mm X 6m. Utilizando el análisis estático que nos brinda SolidWorks evidenciamos las cargas que se va a ejercer y dice que esta cuenta con una masa de 20.415,83 gramos que a este se le aumentara la masa de 3 cribas que va sostener y 20 kilogramos de café que es el producto con el cual se plantea hacer pruebas.

Figura 27

Analisis de caja de cribas, estimacion de la masa

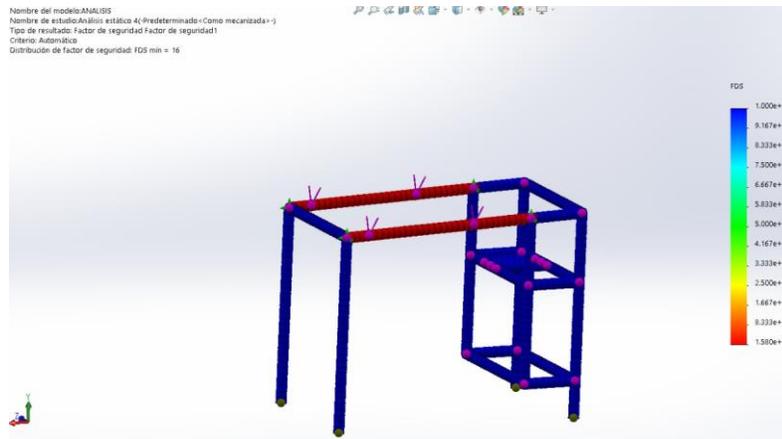


Fuente:(Autoría propia)

Se hizo de igual manera un análisis de la estructura que va a soportar la vibración y se dio a conocer que esta no sufrirá mayores esfuerzos y soportará el mecanismo favorablemente

Figura 28

Analisis de esfuerzos de aplastamiento en la estructura para FDS eje X

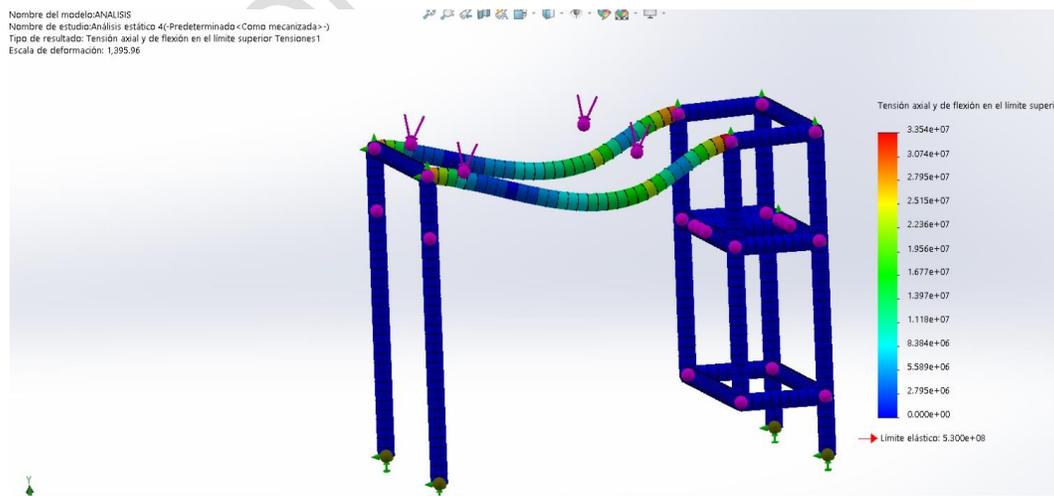


Fuente: (Autoría propia)

De la figura anterior se calculo por medio de Solidwords el facto de seguridad de la estructura en los puntos que soportara la caja de cribas, se le aplico la fuerza total distribuida en los 4 puntos y se encontro que el facto de seguridad minimo debe ser de 16 en la viga superio de la estructura aplicandole dos fuerzas en cada junta en direccion de -Y.

Figura 29

Analisis de tension y de flexion eje X

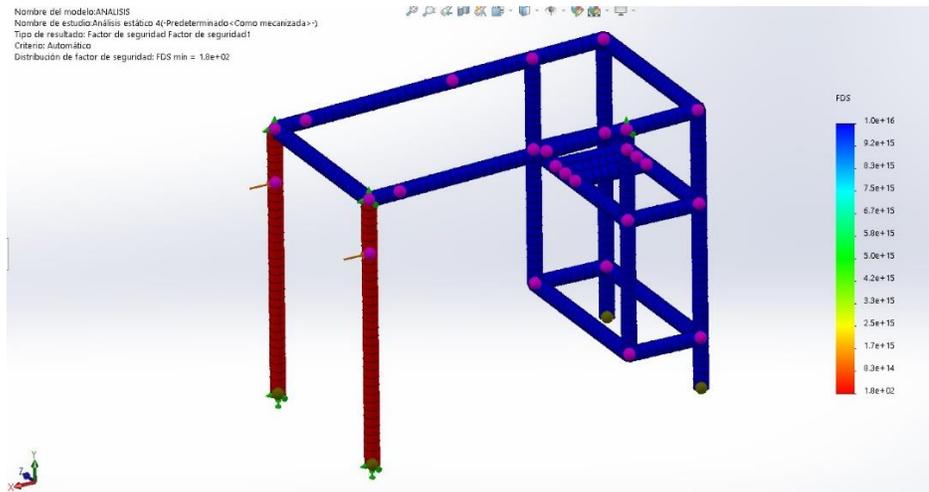


Fuente: (Autoria propia)

La figura anterior representa la escala de deformación que obtiene la estructura en la viga superior la cual es de 1.395 Nxm^2 .

Figura 30

Analisis de esfuerzos de aplastamiento en la estructura para FDS eje y

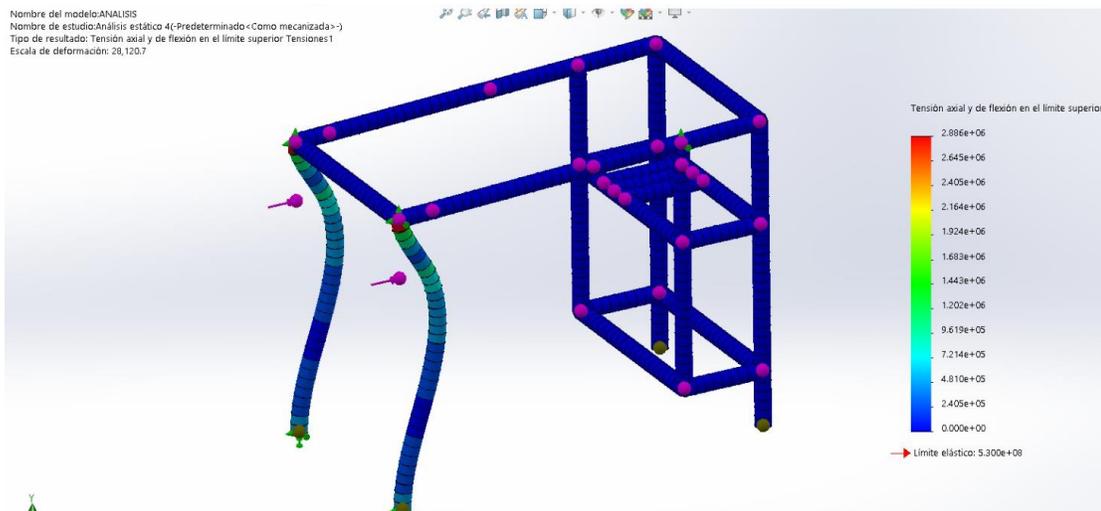


Fuente: (Autoría propia)

De la figura anterior se calculo por medio de Solidwords el facto de seguidad de la estructura, se le aplico la fuerza total distribuida en el punto y se encontro que el facto de seguridad minimo debe ser de 1.8 en la vigas que soportan de la estructura.

Figura 31

Analisis de tension y de flexion eje y



Fuente: (Autoría propia)

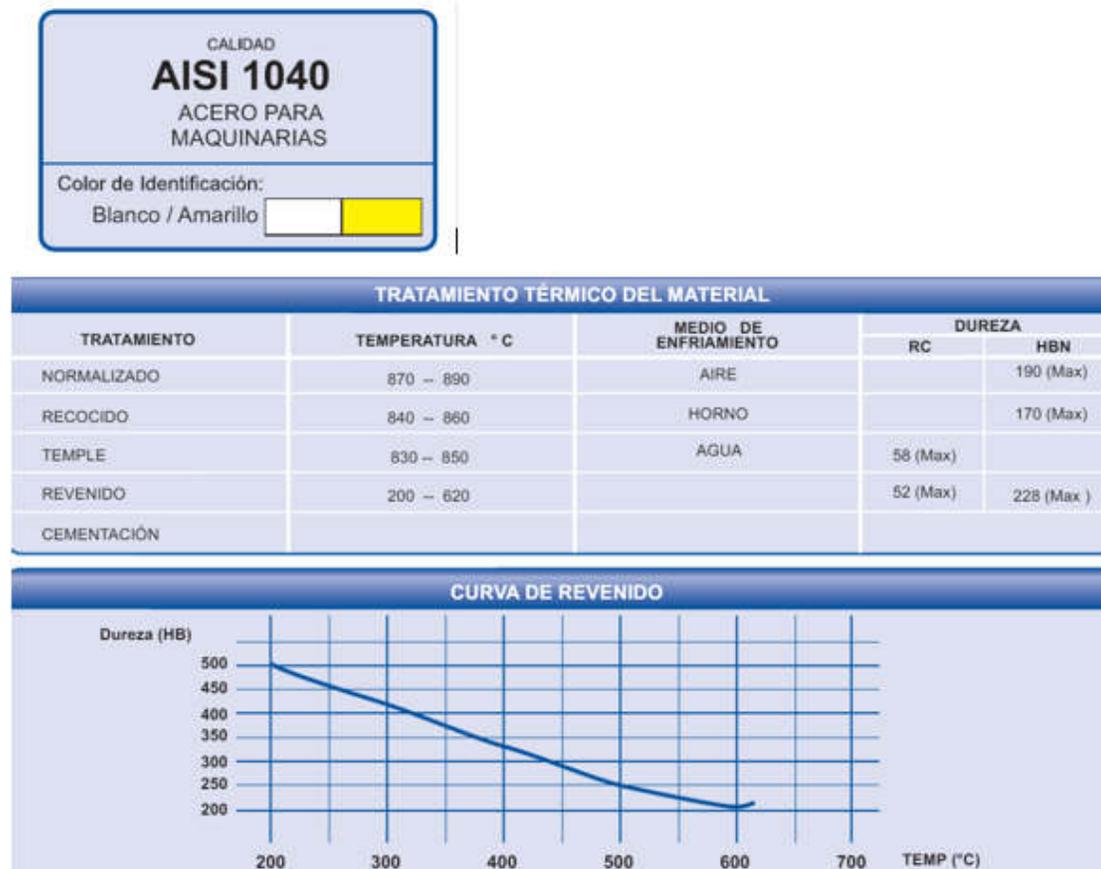
La figura anterior representa la escala de deformación que obtiene la estructura en las vigas que soportan la estructura la cual es de $28.12 Nxm^2$

7.4. Analisis de ejes

El análisis de ejes es de suma importancia para la transmisión de movimiento en el mecanismo que será alimentada por un motor monofásico, para ello nos basamos en SolidWorks y en análisis teóricos, y se escoge un material AISI 1040 ya que cuenta con buenas propiedades mecánicas.

Figura 32

Durabilidad del material de los ejes normalizado



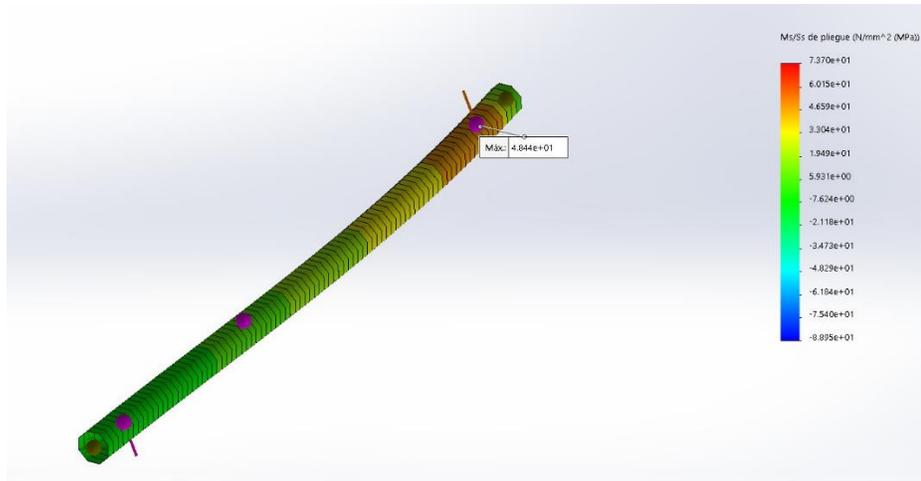
Fuente: (SUMINDU 2021)

Ya con la selección del material con sus respectivas longitudes se realiza el análisis de esfuerzos a los cuales serán sometidos y donde se pueden ver las zonas más afectadas por dichas fuerzas.

En la siguiente figura se muestra el análisis del esfuerzo a los cuales está sometido ellos ejes 1 y 2. La grafica muestra el punto máximo a la fractura.

Figura 33

Analisis de cargas en el eje 1

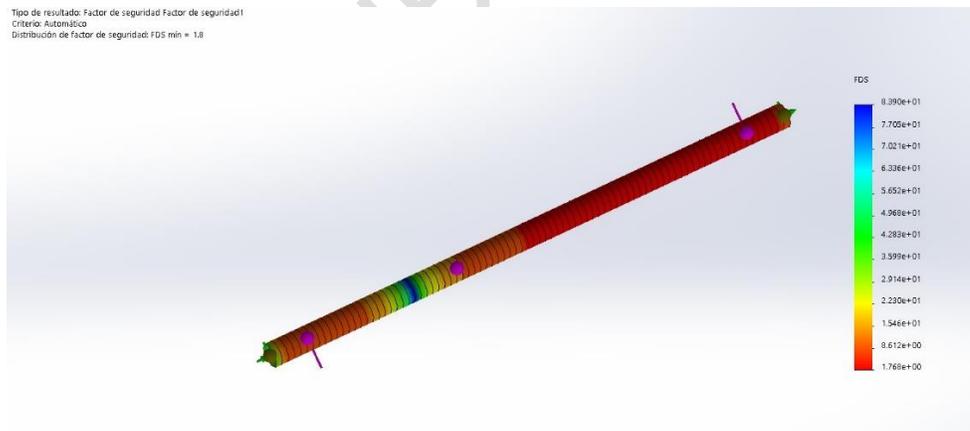


Fuente: (Autoría propia)

Por otra parte, también encontramos otra grafica la cual nos arroja el factor de seguridad y con ello trabajar en la implementación del mecanismo de transmisión de potencia.

Figura 34

Analisis de FDS en el eje 1



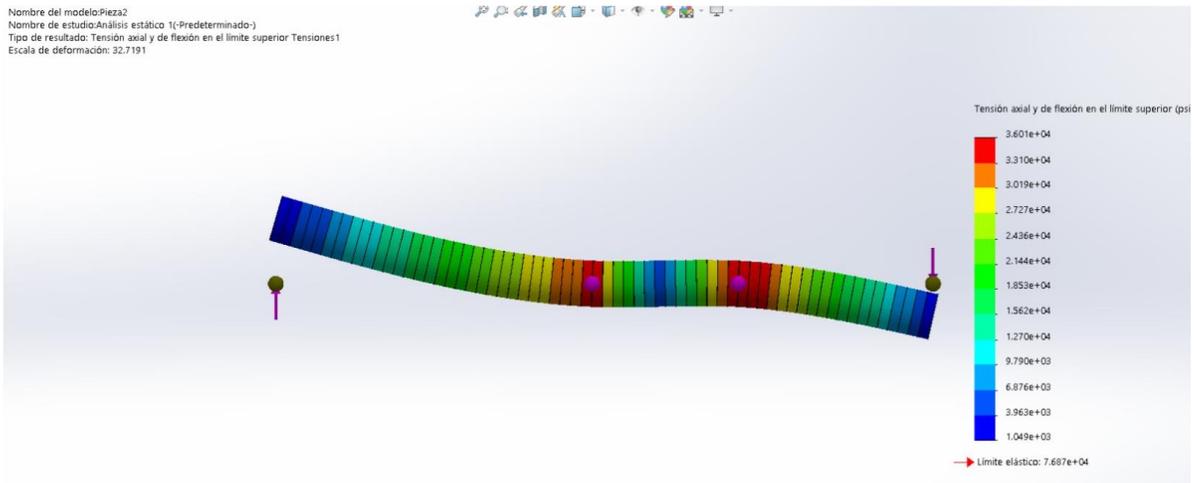
Fuente: (Autoría propia)

Trascurrido el análisis que nos arrojó SolidWorks decidimos desarrollar nuestro eje 1 con un FDS de 2 para que soporte todos los esfuerzos mecánicos, por otra parte, podemos verificar que

el material escogido es el adecuado ya que cuenta con una dureza mecánica de 190 HBN y soporta grandes cargas.

Figura 35

Analisis de cargas en el eje 2

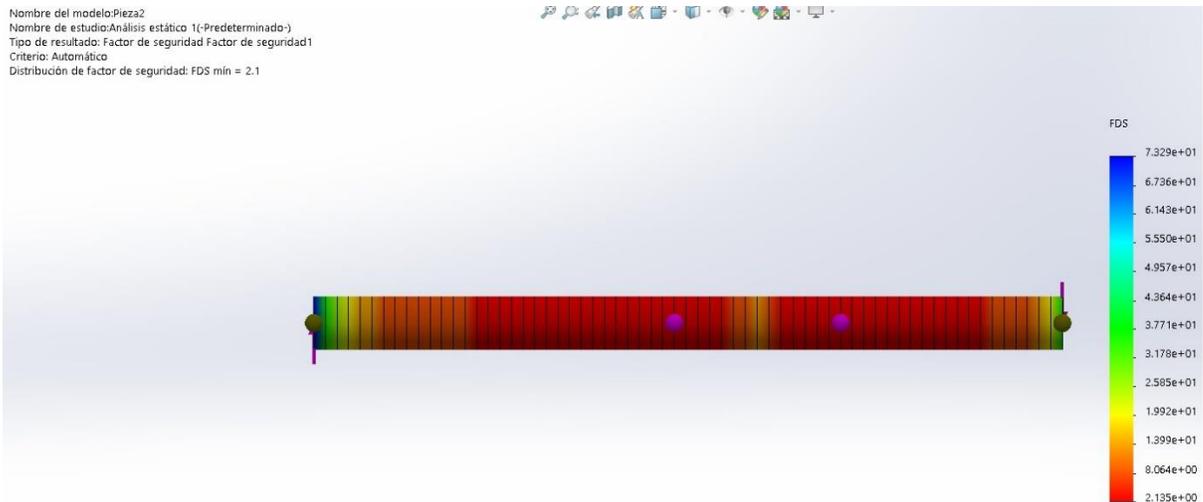


Fuente: (Autoria Propia)

En la grafica anterior expresa las tensiones de felxion, al segundo eje se le aplicaron dos restricciones rotacionales de dos cojinetes en los cuales se esta evidenciando que la salida de los dos cojinetes se puede generar el punto maximo de ruptura, pero estos no sobre pasan el liminte y no tienden a deformarse porque las cargas son menores.

Figura 36

Analisis de FDS en el eje 2



Fuente: (Autoria propia)

En la figura anterior se verifica el factor de seguridad el cual nos dio un valor mínimo de 2.1 en las zonas de color mostrado a través de la grafica.

7.5. Cálculos

7.5.1. Selección de motor

Se asumió 2 motores como base uno de 0.5 hp y el otro de 1 hp que podría satisfacer las necesidades que se necesitan para mover el prototipo. Se hizo cálculos con ambas referencias y el motor que cumplió los requerimientos fue el de 1 hp. Cálculos realizados a continuación

Especificaciones motor de 1 hp convencional

- Motor de inducción eléctrico monofásico
- 110 y 220 voltios
- uso intensivo y continuo trabajo industrial
- 1 hp o 750w
- 1800 rpm



- 60htz
- grado de protección ip54
- peso 15k
- corriente nominal: 10/5 amperios
- ins.cl: f
- eficiencia energética 75%
- factor de potencia 0.82 cos

7.5.2. *velocidad angular (W)*

Se tomo de referencia una polea convencional de 2", Aplicamos la ecuación 1 para calcular el torque.

la velocidad angular (W) la calculamos de la ecuación 2

$$w = \frac{\theta}{t}$$

Se pasan los rpm del motor a rad/min

$$1800 \text{ rpm} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{min}} = 1800 * 2\pi \text{ rad} = 3600\pi \text{ rad/min}$$

El resultado obtenido está en min vamos a convertirlos en segundos

$$\frac{3600\pi \text{ rad}}{\text{min}} = \frac{3600\pi \text{ rad}}{60 \text{ seg}} = 60\pi \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 188.495 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = \omega_1$$

7.5.3. *Torque*

Una vez obtenida calculamos el torque 1 despejándolo de la ecuación 1 usando la potencia del motor y la velocidad angular antes calculada.

$$T_1 = \frac{P}{\omega} = \frac{750w}{188.495 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} = 3.97N * m$$



7.5.4. Relación de transmisión 0

Con este dato obtenido empezamos a asumir diferentes diámetros para el diámetro de la segunda polea, asumimos tres diámetros los cuales fueron de 300 mm, 400 mm y 450 mm y se llegó a la conclusión de que la polea de 300 mm fue la que obtuvo resultados más oportunos para el mecanismo. Aplicamos la ecuación 4 para calcular la relación de poleas

$$R_1 = \frac{300mm}{63mm} = 4.76 \text{ es una unidad adimensional}$$

hacemos la transmisión de movimiento a otra polea 4 que tiene una medida de 185mm

$$R_2 = \frac{185mm}{100mm} = 1.85 \text{ es una unidad adimensional}$$

7.5.5. Longitud de banda

Para la longitud de banda utilizamos el diámetro de la polea mayor con y polea menor, además de la distancia entre centros, con la ecuación 8.

d: diámetro de la polea conductora = 63mm = 0.063m

D: diámetro de la polea conducida = 300mm = 0.3m

C: distancia aproximada entre centros = 200mm = 0.2m

$$lp = 2(0.2m) + 1.57(0.3m + 0.063m) + \frac{(0.3m - 0.063m)^2}{4(0.2m)}$$

$$lp = 1.040m$$

7.5.6. rpm y torque de la segunda polea

Con la relación de poleas obtenida podemos obtener el torque de la segunda polea (T2).

$$T_2 = T_1 * R = 3.97N * m \times 4.76 = 18.82N * m$$

De igual manera calculamos los rpm de la segunda polea con la ecuación 5 despejando n2

$$n_2 = \frac{63mm * 1800rpm}{300mm} = 378rpm$$



7.5.7. rpm y torque de la tercera polea

Con la relación de poleas obtenida podemos obtener el torque de la tercera polea (T3).

$$T_2 = T_3 = 18.82N * m$$

De igual manera calculamos los rpm de la segunda polea con la ecuación 5 despejando n2

$$n_3 = \frac{300mm * 378rpm}{100mm} = 1134rpm$$

7.5.8. rpm y torque de la cuarta polea

Con la relación de poleas obtenida podemos obtener el torque de la cuarta polea (T4).

$$T_4 = T_3 * R = 56.46N * m * 1.85 = 104.451N * m$$

De igual manera calculamos los rpm de la segunda polea con la ecuación 5 despejando n2

$$n_4 = \frac{100mm * 1134rpm}{185mm} = 612.97rpm$$

7.5.9. rpm y torque de la polea al brazo transmisor

Con la relación de poleas obtenida podemos obtener el torque de la tercera polea (T3).

$$T_5 = T_4 = 104.451N * m$$

De igual manera calculamos los rpm de la segunda polea con la ecuación 5 despejando n2

$$n_5 = \frac{185mm * 312.97rpm}{100mm} = 579rpm$$

7.5.10. Velocidad angular y lineal de la segunda polea

Con una velocidad angular de 39.58 rad/seg, calculado de la siguiente manera:

$$378 rpm a \frac{rad}{min} = 378rpm * 2\pi rad = 756\pi rad/min$$

$$756\pi \frac{rad}{60 seg} = \frac{756\pi rad}{60 seg} = \frac{63}{5} \pi rad$$



Y vamos a obtener una velocidad lineal con la ecuación 6.

$$V = \omega * r = 118.75 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * 0.05\text{m} = 5.93 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

7.5.11. Velocidad angular y lineal de la cuarta polea

Con una velocidad angular de 64.19 rad/seg, calculado de la siguiente manera:

$$612.97 \text{ rpm} a \frac{\text{rad}}{\text{min}} = 612.97 \text{ rpm} * 2\pi \text{ rad} = 3851.40 \frac{\text{rad}}{\text{min}}$$

$$3851.40 \frac{\text{rad}}{60 \text{ seg}} = \frac{\text{rad}}{60 \text{ seg}} = 64.19 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = \omega_4$$

Y vamos a obtener una velocidad lineal con la ecuación 6.

$$V = \omega * r = 64.19 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * 0.0925\text{m} = 5.93 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

7.5.12. Velocidad angular y lineal de polea al brazo transmisor

Con una velocidad angular de 60.63 rad/seg, calculado de la siguiente manera:

$$579 \text{ rpm} a \frac{\text{rad}}{\text{min}} = 579 \text{ rpm} * 2\pi \text{ rad} = 3637.96 \frac{\text{rad}}{\text{min}}$$

$$3637.96 \frac{\text{rad}}{60 \text{ seg}} = \frac{3637.96 \text{ rad}}{60 \text{ seg}} = 60.63 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = \omega_5$$

Y vamos a obtener una velocidad lineal con la ecuación 6.

$$V = \omega * r = 60.63 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * 0.05\text{m} = 3.03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

7.5.13. Fuerza que ejerce el mecanismo

Calculamos la fuerza despejándola con la ecuación 7 donde el momento se toma como el torque y la distancia es de 12cm que es la distancia que moverá la polea del eje desde el punto medio al punto máximo.

$$M = F * d = F = \frac{M}{d} = \frac{104.451 \text{ Nm}}{0.12 \text{ m}} = 870.425 \text{ N}$$



7.5.14. Fuerza requerida

De la ecuación 11 calculamos Fr para mover la caja de cribas que con el producto tiene un peso aproximado de 70 kilos

$$w = mxg$$

$$w = 70 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2} = 686 \text{ N}$$

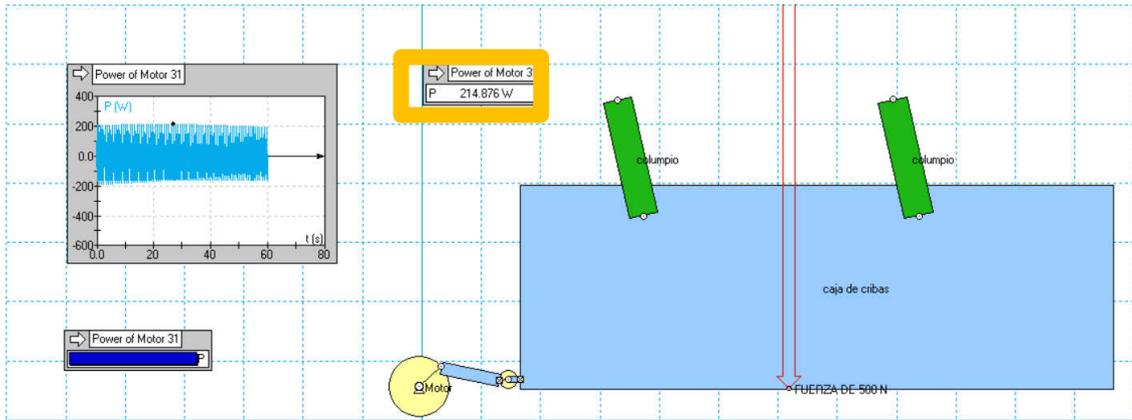
Teniendo en cuenta que la fuerza requerida para mover el mecanismo es de 686N, y que nuestro mecanismo ejerce una fuerza de 870.425 N se puede concluir que cumple con el propósito, ya que no se tiene en cuenta las fuerzas contrarias al movimiento como pueden ser la fricción que se ejerce en el mecanismo de columpio y factores externos.

7.5.15. Análisis de fuerza en el Software

Según análisis con el software working model se llegó a la conclusión de que el motor que satisface los requerimientos es el 0.5 hp ya que se hizo el análisis de esfuerzos y se llegó a la conclusión que se necesitan una potencia de 214.876 w para mover un peso de 50 kg que sería del peso neto de la caja de las cribas con 20 kg de café

Figura 37

Analisis de potencia requerida para mover el mecanismo del boceto inicial.



Fuente:(Autoría propia)

7.5.16. *esfuerzo cortante máximo del eje 1*

Suponemos un diámetro de 0.43” o 11mm para el eje para calcular esfuerzo cortante máximo con la ecuación 9

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

Pero debemos calcular J (momento polar de inercia)

Para calcular el momento polar de inercia usamos la ecuación 10

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 = \frac{\pi}{32} 0.43^4 = 0.0335 in^4$$

Para obtener τ_{max} utilizamos el toque de la segunda polea.

$$\tau_{max} = \frac{(166.57 \text{ lbf} * \text{in})(0.215 \text{ in})}{0.0335 in^4} = 10690 \text{ psi}$$

$$\tau_{max} = 73.704 \frac{N}{mm^2}$$



7.5.17. Diámetro mínimo del eje 1

Se hizo el cálculo posicionándolo en la parte trasera, inferior de la caja de cribas ubicándolo en el centro de esta se obtiene que se necesita un largo de $280\text{mm} = 28\text{cm}$

Este se calculó con la ecuación 9 de esfuerzo cortante máximo para un eje

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} =$$

Despejamos para dejar la ecuación en función del diámetro

$$\frac{J}{c} = \frac{T}{\tau_{max}}$$

7.5.18. Momento polar de inercia

Ya que se sabe que la formula del momento polar de inercia está representada en la ecuación 10

$$J = \frac{\pi}{32} d^4$$

En ese caso esto quedaría como

$$\frac{J}{c} = \frac{\left(\frac{\pi}{32}\right) d^4}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi}{16} d^3$$

Obtenemos la ecuación en función del diámetro, se despeja el diámetro de la ecuación

$$\frac{\pi}{16} d^3 = \frac{T}{\tau_{max}}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi} \frac{T}{\tau_{max}}$$

Y reemplazamos

$$d^3 = \frac{16(18.82\text{Nm})(1000\text{mm/m})}{\pi(73.704 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})} = 1300.46\text{mm}^3$$

$$\sqrt[3]{d^3} = \sqrt[3]{1300.46\text{mm}^3}$$



$$d = 10.91\text{mm}$$

7.5.19. Cálculo de reacción en B en el eje 1

Para el cálculo de la reacción en B se tomó la ecuación 16 despejando la fuerza

$$T = Fxr$$

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F1 = \frac{18.82\text{nm}}{0.15\text{m}} = 125.3\text{N}$$

$$F2 = \frac{18.82\text{nm}}{0.055\text{m}} = 342.1\text{N}$$

Se hizo sumatoria de momentos en el punto c para encontrar la reacción en B

$$\sum Mc = 0$$

$$342.1(0.300) - Rb(0.220)$$

$$Rb = \frac{342.1(0.3000)}{0.220}$$

$$Rb = 467\text{N}$$

Esfuerzo cortante máximo en el punto B obtenido de la gráfica de momento flector
Máximo.

$$27.3\text{Nxm} = 20.1354\text{lbxf}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

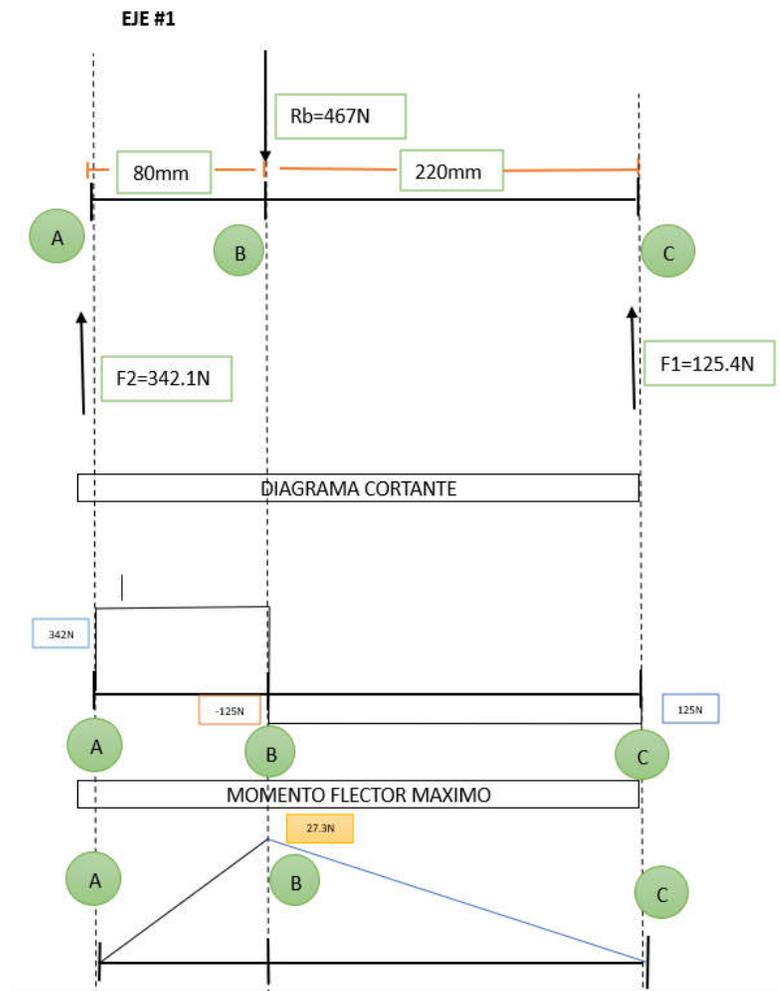
$$I = \frac{1}{4}\pi(r)^4$$

$$r = 6\text{mm} = 0.236\text{in}$$

$$\sigma = \frac{20.1354\text{lbxf} \times 0.236}{\frac{1}{4}\pi(0.236)^4}$$

$$\sigma = 1950.44 \text{ PSI} = 13.44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Figura 38
Analisis de momentos en el punto B



Fuente: (Autoría propia)

7.5.20. Cálculo de reacción en B Y C en el eje 2

Para el cálculo de la reacción en B se tomó la ecuación 16 despejando la fuerza

$$T = Fxr$$

$$F = \frac{T}{r}$$



$$F1 = \frac{104.51Nm}{0.090m} = 1161.2N$$

$$F2 = \frac{104.51Nm}{0.0050m} = 2090.2N$$

Se hizo sumatoria de momentos en el punto B para encontrar la reacción en c

$$\sum MB = 0$$

$$1161.2(130mm) - Rc(60mm) + 2090.2(104mm)$$

$$1161.2(0.13m) - Rc(0.06m) + 2090.2(0.14m)$$

$$Rc = \frac{1161.2(0.13m) + 2090.2(0.14m)}{0.06m}$$

$$Rb = 7393.06 N$$

Luego se realiza sumatoria de momento en C para encontrar la reacción en B

$$\sum MC = 0$$

$$1161.2(190mm) - Rb(60mm) + 2090.2(80mm)$$

$$1161.2(0.19m) - RB(0.06m) + 2090.2(0.08m)$$

$$Rb = \frac{1161.2(0.13m) + 2090.2(0.14m)}{0.06m}$$

$$Rb = 6464.06N$$



7.5.21. esfuerzo cortante máximo del eje 2

Suponemos un diámetro de 0.75" o 19.05mm para el eje para calcular esfuerzo cortante máximo con la ecuación 9

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

Pero debemos calcular J (momento polar de inercia)

Para calcular el momento polar de inercia usamos la ecuación 10

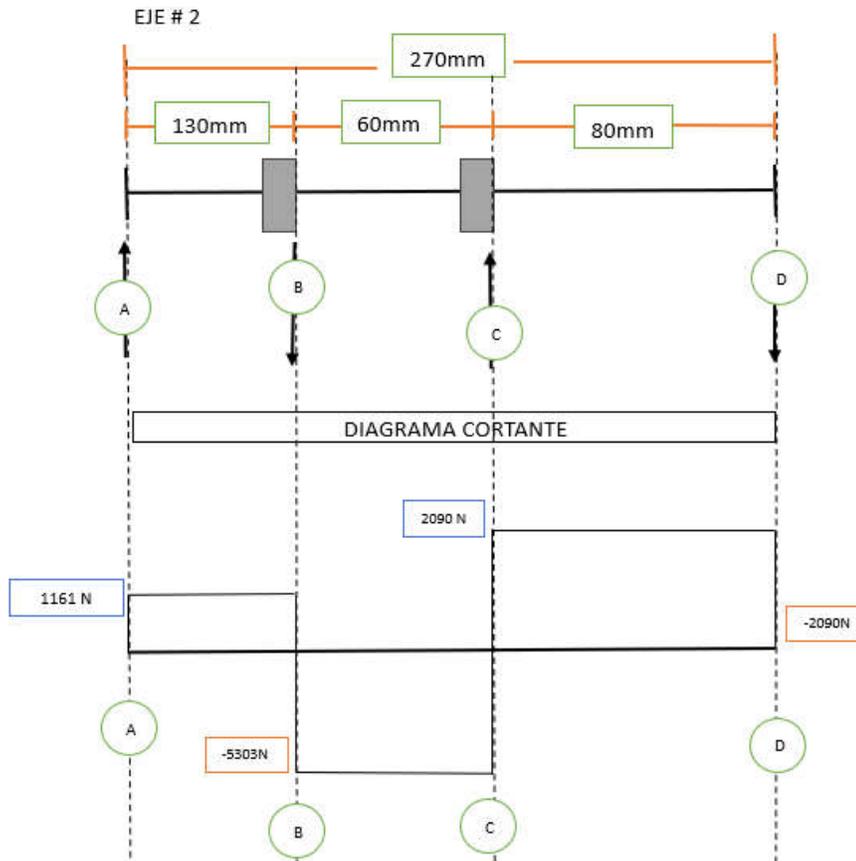
$$J = \frac{\pi}{32}d^4 = \frac{\pi}{32}0.75^4 = 0.031in^4$$

Para obtener τ_{max} utilizamos el toque de la segunda polea.

$$\tau_{max} = \frac{(924.47 \text{ lbf} * \text{in})(0.375in)}{0.031in^4} = 11183.10psi$$

$$\tau_{max} = 77.104 \frac{N}{mm^2}$$

Figura 39
Análisis de momentos en el punto B Y C



Fuente: (Autoría propia)

7.5.22. Diámetro mínimo del eje 2

Se hizo el cálculo posicionándolo en la parte trasera, inferior de la caja de cribas ubicándolo en el centro de esta se obtiene que se necesita un largo de 280mm = 28cm

Este se calculó con la ecuación 9 de esfuerzo cortante máximo para un eje

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} =$$

Despejamos para dejar la ecuación en función del diámetro

$$\frac{J}{c} = \frac{T}{\tau_{max}}$$



7.5.23. Momento polar de inercia

Ya que se sabe que la formula del momento polar de inercia está representada en la ecuación 10

$$J = \frac{\pi}{32} d^4$$

En ese caso esto quedaría como

$$\frac{J}{c} = \frac{\left(\frac{\pi}{32}\right) d^4}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi}{16} d^3$$

Obtenemos la ecuación en función del diámetro, se despeja el diámetro de la ecuación

$$\frac{\pi}{16} d^3 = \frac{T}{\tau_{max}}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi} \frac{T}{\tau_{max}}$$

Y remplazamos

$$d^3 = \frac{16(104.451Nm)(1000mm/m)}{\pi(77.104 \frac{N}{mm^2})} = 6899.31mm^3$$

$$\sqrt[3]{d^3} = \sqrt[3]{6899.31mm^3}$$

$$d = 19.03mm$$

Esto quiere decir que el diámetro mínimo del eje que podemos usar debe ser ≥ 25.04 mm.

7.5.24. Momento de inercia

En este caso se usó un diámetro de eje de 12 mm entonces se procede a calcular el momento de inercia usando la ecuación 13



$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi 0.012m^4}{64}$$

$$I = 1.017 \times 10^{-9} m^4$$

Para calcular el esfuerzo normal debemos determinar el momento flecto máximo M con la ecuación 11

$$M = WxL$$

$$M = 686 N \times 0.25 M$$

$$M = 171.5 Nxm$$

7.5.25. Esfuerzo normal

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$
$$\sigma_x = \frac{171.5 Nxm \times 0.06m}{1.017 \times 10^{-9} m^4}$$
$$\sigma_x = 1.011 \times 10^{10}$$

7.5.26. Esfuerzo cortante

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{j}$$

$$\tau_{xy} = \frac{166.57x}{j}$$

$$\tau_{xy} = Tr J \tau_{xy} = 3.92 * 0.04 3.87 \times 10^{-7} \tau_{xy} = 404859,473 Pa$$

7.5.27. teoría de falla

$$\sigma' = \sqrt{(1196.94psi)^2 + (706.80psi)^2}$$

$$\sigma' = 1390.047 psi$$



$$\sigma' = 9,58 \text{ Mpa}$$

7.5.28. Consumo de energía del motor

Para el este cálculo aplicamos la ecuación 15

$$E = KWxh$$

$$E = 0.75x8 \text{ horas}$$

$$E = 6KWxh$$

Según la revista (La República, 2024) público que en el último año el consumo de W por hora está estimado en un promedio de \$ 1.047, lo cual nuestra maquina cuenta con un consumo de \$6.282.

Con los procedimientos anteriores se calculó el esfuerzo máximo causado por las cargas a las que está sometido el eje, con lo anterior analizamos que el material más indicado según la tabla de limite de fluencia de los materiales es el acero A36

Tabla 10

Límite de fluencia del acero A36

| MATEIRAL | LUMITE DE FLUENCIA sy en Mpa | FACTOR DE SEGUIRAD $\frac{sy}{\sigma}$ |
|-----------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| ACERO A36 | 250 | 26.09 |

Fuente:(Autoría propia)

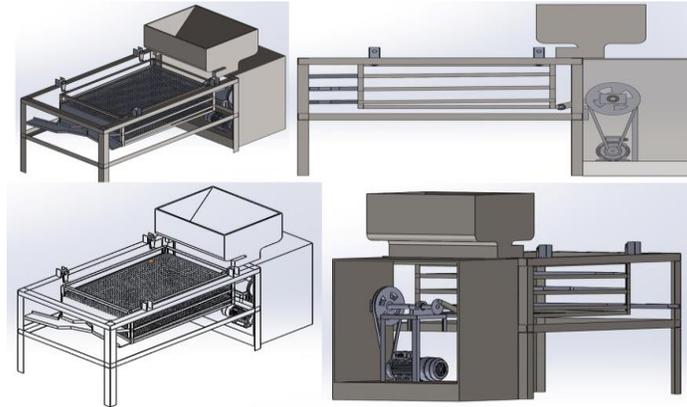
7.6. Boceto del mecanismo

El tamaño de la estructura es de 130cm de largo x 80cm de ancho y una altura de 90cm, esta será fabricada con ángulos 50*50*3 de acero, dentro de esta se ubicará una caja de cribas que es la que soportara el movimiento de vibración que es ejercido por una polea atreves de un eje de 40cm que a su vez está conectado a una correa que conducirá un eje del motor la mesa metálica.

Con una caja mecánica en la parte trasera que es donde se colocara el mecanismo y ayudara a sostener la tolva dentro de la estructura.

Figura 40

Diseño del boceto prototipo de la seleccionadora de café.



Fuente:(Autoría propia)

Caja de cribas, esta está diseñada con ángulos de 25x25x3 que cuenta con 4 soportes para ejes que son los que van colocados en las esquinas superiores para el mecanismo de columpio

Figura 41

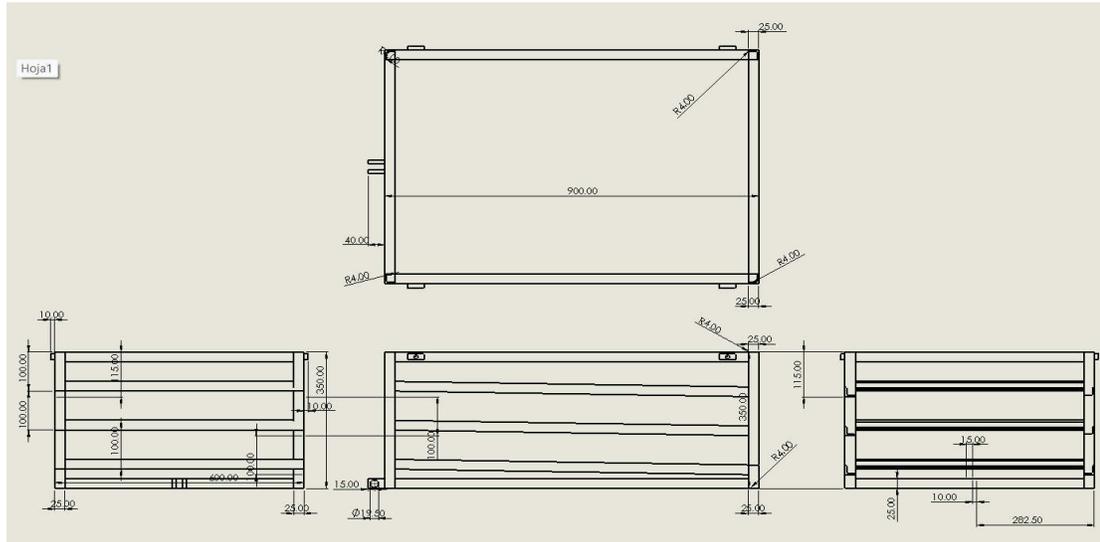
Diseño del boceto caja de cribas.



Fuente:(Autoría propia)

Cuenta con unas medidas de 90cm de largo x 60 cm de ancho y una altura de 35cm.

Figura 42
Planos caja de cribas

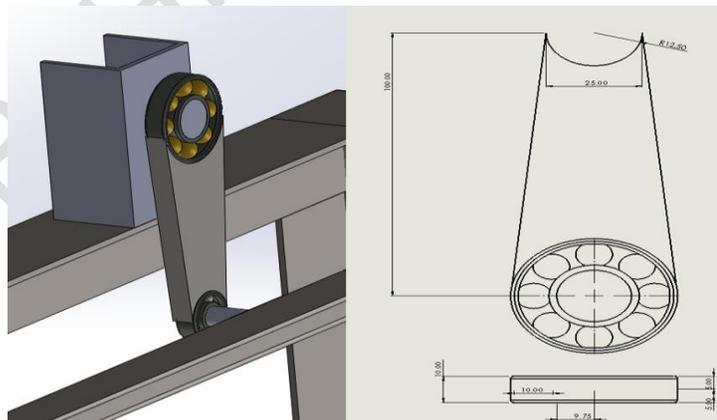


Fuente:(Autoría propia)

Esta es la caja o el elemento que va soportar el movimiento del mecanismo para generar el seleccionado de café.

En la parte superior van a ir un sujetador de columpio para restringir el movimiento.

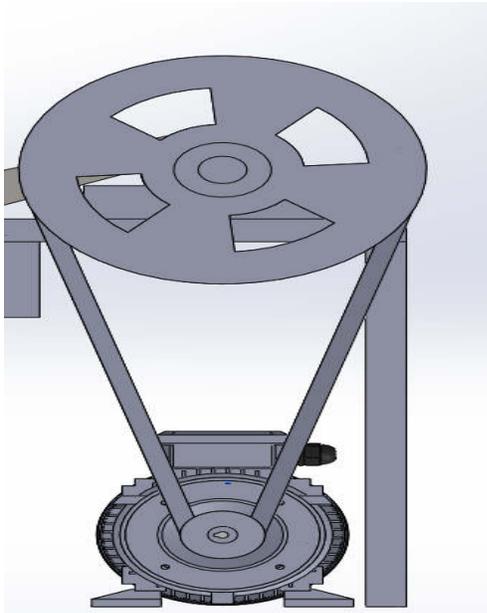
Figura 43
Diseño de sujetador de columpio



Fuente:(Autoría propia)

El mecanismo cuenta con un sistema de polea con una correa las medidas de estos son de una polea pequeña conectada al motor de 5cm y una polea grande de 40cm con una distancia entre centros de 40 cm.

Figura 44
boceto del sistema de poleas conectadas al motor

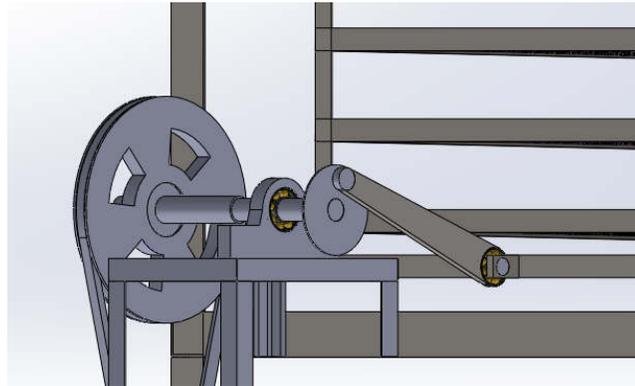


Fuente:(Autoría propia)

Cuenta de igual manera con un sistema de transmisión de movimiento con un eje que tiene un largo de 40cm y un diámetro mayor 35mm y cuenta con un cambio de sección a 30 mm que es el cual genera el movimiento con la polea de 10cm que está conectada a un brazo que es el que le genera el empuje a la caja de cribas

Figura 45

Diseño del boceto del sistema de movimiento de vibración



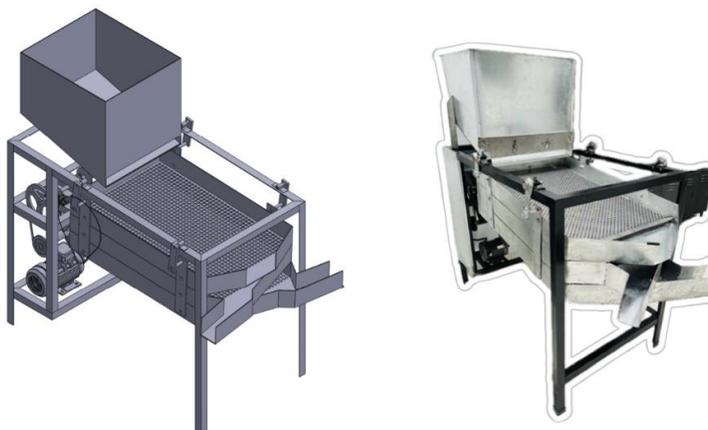
Fuente:(Autoría propia)

7.7. Diseño final del prototipo

A la hora del desarrollo del prototipo nos encontramos con diferentes retos mecánicos, debido a factores que no teníamos en cuenta pero que supimos solucionarlos de la mejor manera y por ello se hizo una reestructuración del diseño y del modelado de la máquina sin que afecte el funcionamiento y el objetivo del proyecto, cualificando diferentes aspectos de diseño y trabajo de mecanismos para que la maquina sea optima en la aplicación del seleccionado de café.

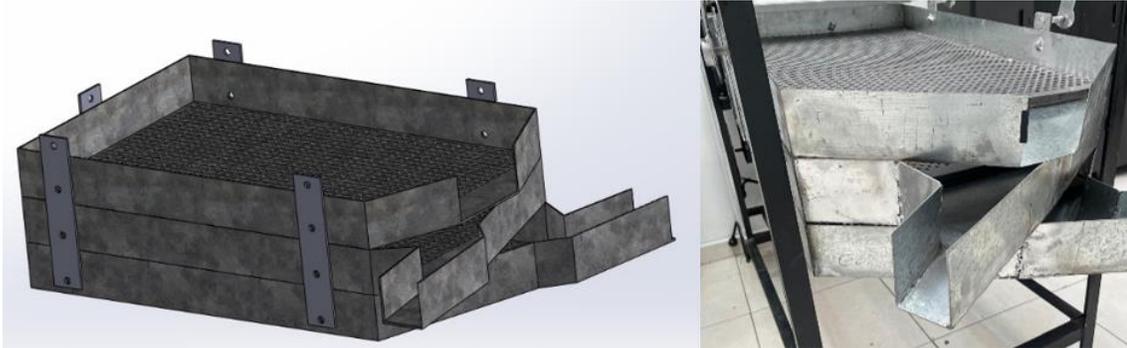
Figura 46

Diseño final de la seleccionadora de café percaminado seco



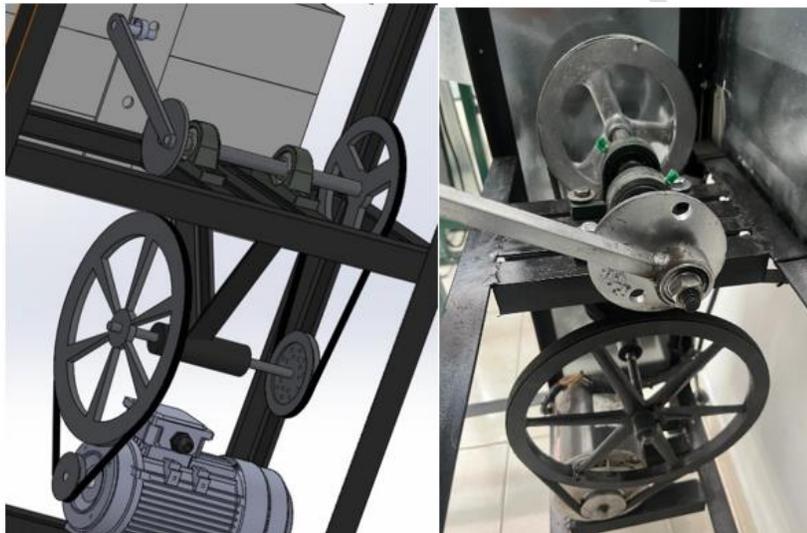
Fuente: (Autoría propia)

Figura 47
Diseño final de las cribas



Fuente: (Autoría propia)

Figura 48
Diseño final del mecanismo



Fuente: (Autoría propia)

7.8. Elaboración del prototipo

Tras evaluar todos los diseños mecánicos y análisis de resultados teóricos que se e implementan en la máquina, se procede al desarrollo de prototipo de manera física como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 49
Elaboracion de la maquina



Fuente: (Autoría propia)

7.9. Prueba de la Selección de café

Ya construida la maquina se desarrollaron pruebas de ensayo del seleccionado de café por medio de las cribas, los cuales dieron buenos resultados. La prueba se la hizo con 20 kilos de café los cuales fueron seleccionados en 9 min.

Podemos evidenciar que la eficiencia de la maquina es buena debido a que en un transcurso de 8 horas laborales hace 1 tonelada mientras que la selección manual solo hace 80 kilos diario, el seleccionado por cribas lo hace de manera uniforme dependiendo del tamaño y de la calidad del mismo.

Figura 50
Pruebas de la maquina



Fuente: (Autoría propia)

Figura 51
Selección de las crbias por tamaño



Fuente: (Autoría propia)

Figura 52
Comparacion de café pergamino seleccionado y no seleccionado



Fuente: (Autoría propia)

Figura 53
Características de las correa



Características y prestaciones

| CUERDAS DE TRACCIÓN DE POLIÉSTER | |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elevada resistencia. | + Buena resistencia a las cargas de choque ocasionales. |
| Alargamiento reducido. | + Longitud estable (con marca ST). |
| CUERPO DE CAUCHO | |
| Propiedades físicas de alto rendimiento. | + Gama de temperaturas desde -30°C hasta +80°C. |
| | + Buen soporte de las cuerdas. |
| | + Buena resistencia a los aceites de uso común. |
| | + Conformidad con la ISO 4184, la DIN 7753, la NF T-47 141 y la BS 3790. |
| | + Presentan conductividad estática (ISO 1813) y se pueden utilizar en las condiciones descritas en la Directiva 94/9/CE (ATEX). |

Fuente: (Emeia,2023)

Se tomo en cuenta esta correa ya que posee adicionalmente una capacidad de adherencia favorable para el mecanismo y según su fabricante posee mayor protección contra el desgaste



Figura 54
Características de los rodamientos

Rendimiento

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Capacidad de carga dinámica básica | 58.5 kN |
| Capacidad de carga estática básica | 40.5 kN |
| Velocidad de referencia | 12 000 r/min |
| Velocidad límite | 7 500 r/min |
| Clase de rendimiento SKF | SKF Explorer |

Logística

| | |
|------------------------|-------------|
| Peso neto del producto | 0.99 kg |
| Código eClass | 23-05-08-01 |
| Código UNSPSC | 31171504 |

Fuente: (skf, 2023)

Se hizo la selección de rodamientos en base a su carga dinámica básica de 42.87 kN y este rodamiento cumple los parámetros para que realice un buen funcionamiento. y se llegó a la conclusión que el rodamiento rígido de bolas 6213 sería el más indicado para el prototipo.



Figura 55

Características de los rodamientos con soporte

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica 12.7 kN

Capacidad de carga estática básica 6.7 kN

Velocidad límite 6 500 r/min

Note Velocidad límite con tolerancia de eje h_6

Logística

Peso neto del producto 0.6 kg

Código eClass 23-05-16-02

Código UNSPSC 31171536

Fuente: (skf,2023)

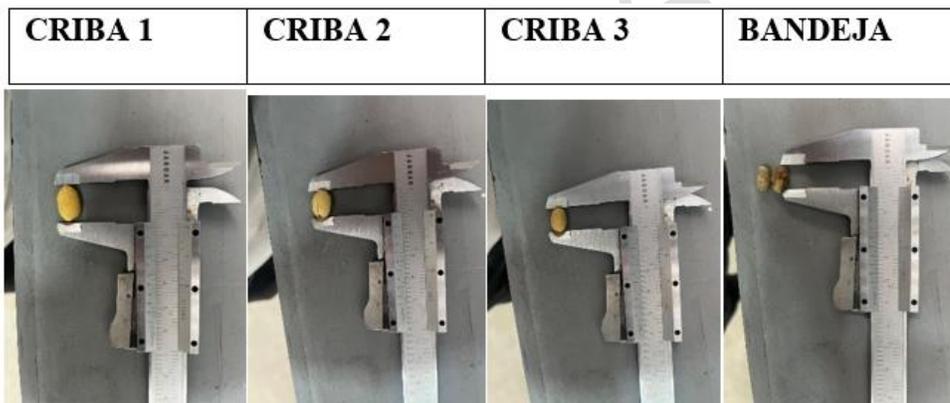
Se hizo la selección de rodamientos para el segundo eje y se hizo un estudio y se llegó a la conclusión que el mejor rodamiento es el UCP 204

8. Análisis de resultados

A continuación, se examinan los resultados obtenidos de una máquina seleccionadora de café pergamino seco, una herramienta clave en el proceso de clasificación y selección de granos. Este dispositivo juega un papel crucial en la determinación de la calidad del café, ya que permite separar los granos según sus características físicas, como tamaño, peso y defectos visibles. El objetivo del análisis es evaluar la eficiencia de la máquina, identificando su precisión en la clasificación, el porcentaje de granos correctamente seleccionados, y las posibles áreas de mejora para optimizar el rendimiento y la calidad del producto final.

Figura 56

Tamaños del café por cribas y bandeja



En esta figura evidenciamos los tamaños de selección de café por medio de las cribas en general las cribas hacen la selección de estos tamaños.

La selección por cribas es de esta manera:

Criba 1: la primera criba es la encargada de escoger el café más grande, el cual por su calidad no es tan apreciada debido a una aceleración prolongada en el fruto, la cual hace que la almendra sea grande pero no concentrador de aroma, es un café de 16 a 20 mm,

Criba 2: la segunda criba esta encargada de recibir el café de mejor calidad ya que concentra su almendra de manera ideal, su tamaño es de 12 mm con buena calificación de tasa siempre y cuando esté libre de impurezas.

Criba 3: esta hace una selección de café medianamente pequeño con buena calidad en la almendra.

Bandeja: esta recibe el café de más mala calidad con suciedad, es más conocido como café pasilla y cuenta con una mala calidad en la prueba de tasa. entrevista personal según (Yineth Bravo,2024) catadora profesional de cafés especiales de Nariño.

Las pruebas que se desarrollaron fueron con 30 kilos de café de los cuales 0.7 kg fueron café pasilla debió a que el café con el que se hizo pruebas no era de buena calidad, 23,7 kilos de café bueno y 5.6 kg de café mediano.

Figura 57

Café pasilla seleccionado por la maquina



Fuente: (Autoria Propia)

Eficiencia

30 kg totales

23.7 kg seleccionados correctamente

5.6 kg parcial mente

0.7 kg de pasilla (café de baja calidad)

$$E = \left(\frac{23.7kg + 5.6 kg}{30} \right) * 100 = 97\%$$

Este porcentaje se evidencia en los 30 kg que selecciona la maquina cada 15 min teniendo en cuenta esto se puede decir que los tiempos del seleccionado por maquina son:

Tabla 11

Tiempos del seleccionado del prototipo

| Cantidad de café (Kg) | Tiempo (min) |
|-----------------------|--------------|
| 30 | 15 |
| 120 | 60 |
| 960 | 480 |

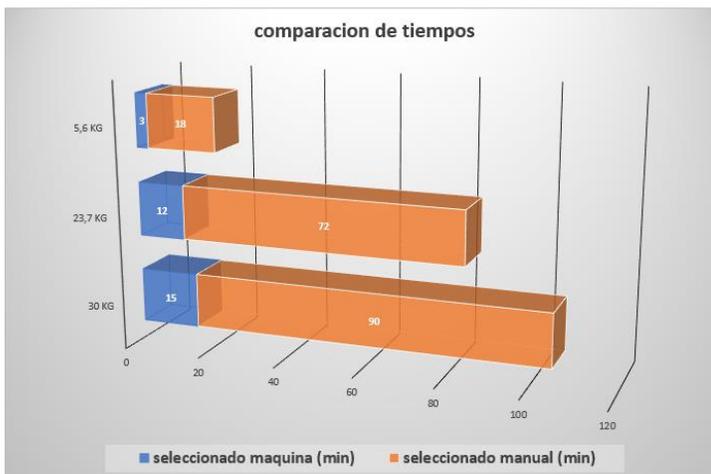
Fuente: (Autoria Propia)

En comparacion con los tiempos de seleccion manual evidenciamos unas ventajas, l

Figura 58

Comparacion del seleccionado

| Columna1 | 30 kg | 23,7 kg | 5,6 kg |
|----------------------------|-------|---------|--------|
| seleccionado maquina (min) | 15 | 12 | 3 |
| seleccionado manual (min) | 90 | 72 | 18 |



Fuente: (Autoria Propia)

Teniendo en cuenta las cantidades de café seleccionados por el prototipo tomamos los tiempos que tardaría un obrero en seleccionarlo manualmente nos dieron como resultado que

Tabla 12

Selecccionado Manual

| Cantidad de café (Kg) | Tiempo |
|-----------------------|-------------------------|
| 30 | 90 min |
| 120 | 320 min |
| 960 | 8 horas al día x 6 días |

se evidencia que el prototipo es mucho mas rentable ya que puede seleccionar 960 kilogramos de café pergamino en un dia mientras que a un obrero se tardaria 6 dias en realizar el mismo trabajo.

Figura 59

Tiempo de trabajo

| Columna2 | 15 min | 1 hora | 8 horas |
|---------------------------|--------|--------|---------|
| seleccionado maquina (Kg) | 30 | 120 | 960 |
| seleccionado manual (Kg) | 5 | 20 | 160 |



Fuente: (Autoria Propia)



En la figura anterior se identifica la compración de la cantidad de café que se seleccionan en un día de trabajo de 8 horas.

8.1. Fichas técnicas y análisis de rendimiento de café

Para afianzar la confiabilidad del prototipo se hizo un estudio físico y sensorial del café pergamino seco seleccionado de forma manual como con el prototipo, este análisis se lo hizo con un mismo lote de café, 30 kilogramos con el prototipo y 30 kilogramos de forma manual, de los cuales se toman 300 gramos de muestra de cada seleccionado, para hacer la prueba, lo cual nos arrojó un resultado positivo.

Para realizar una compración detallada debemos hablar de un factor de rendimiento el cual se puede calcular así:

$$\text{factor de rendimiento} = \frac{300 \text{ gramos de café pergamino seco} \times 70 \text{ café almendra}}{\text{excelso de la muestra}}$$

El factor de rendimiento nos asegura un buen café libre de impurezas, la cual es necesario para saber el precio de compra del café, ya que en promedio un café de buena selección tiene un factor promedio de 89, y entre menor va a subir su precio ya que nos dice que entre menos café pergamino seco se necesite para sacar un costal de 70 kilogramos de café almendra va a ser de mejor calidad.



Figura 60
Ficha tecnica de café seleccionado por el prototipo

| | |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Kg. _____ No. de sacos _____ | |
| PROCESO _____ | VARIEDAD <u>Moca</u> V/UNITARIO _____ TOTAL <u>240,8</u> |
| H. CPS _____ % | H. Alm. _____ % A.W. _____ |
| Almendra <u>240,8</u> gr | Broca _____ gr |
| Pasilla G1 <u>0,4</u> gr | Paloteado _____ gr |
| Pasilla G2 _____ gr | #Guayabas _____ gr |
| Peso Tostado _____ gr | TT _____ #Quakers <u>8</u> |

| F/A | AC | CP | DU | SR | L/M | IG | TOTAL |
|-----|----|----|----|----|-----|----|--------------|
| | | | | | | | <u>84,75</u> |

| Defectos | | Fragancia | | Sabor | | Cuerpo | |
|---------------|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| Aspero | <input type="checkbox"/> | Papeloso | <input type="checkbox"/> | Caramelo | <input checked="" type="checkbox"/> | Chocolate | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Astringente | <input type="checkbox"/> | Químico | <input type="checkbox"/> | Chocolate | <input type="checkbox"/> | Citrico | <input type="checkbox"/> |
| Cereal | <input type="checkbox"/> | Reposo | <input type="checkbox"/> | Dulce | <input checked="" type="checkbox"/> | F. Amarillas | <input type="checkbox"/> |
| Contaminado | <input type="checkbox"/> | Stinker | <input type="checkbox"/> | Floral | <input type="checkbox"/> | F. Rojas | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Fenol | <input type="checkbox"/> | Sucio | <input type="checkbox"/> | Frutas Rojas | <input checked="" type="checkbox"/> | Panela | <input type="checkbox"/> |
| Fermento | <input type="checkbox"/> | Terroso | <input type="checkbox"/> | | | Nueces | <input type="checkbox"/> |
| Ferm. Cebolla | <input type="checkbox"/> | Vegetal | <input type="checkbox"/> | | | Vainilla | <input type="checkbox"/> |
| Fer. Piña | <input type="checkbox"/> | Verde | <input type="checkbox"/> | | | Veg. Dulces | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Moho | <input type="checkbox"/> | Otros | <input type="checkbox"/> | | | | |

Analista de calidades: Café sedoso y suave en boca. (Naranja) FR → 87,20

Fuente: (Nariño tierra de café, 2024)

$$\text{factor de rendimiento} = \frac{21.000}{240.8} = 87.20$$

Este factor de rendimiento de seleccionado por el prototipo , nos dice que necesitamos 87.20 kilogramos de café pergamino seco para sacar un costal de 70 kilogramos de café almendra

Figura 61
Ficha tecnica de café seleccionado manual

| | |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Kg. _____ No. de sacos _____ | |
| PROCESO _____ | VARIEDAD <u>Moca</u> V/UNITARIO _____ TOTAL <u>245,2</u> |
| H. CPS _____ % | H. Alm. _____ % A.W. _____ |
| Almendra <u>247,5</u> gr | Broca <u>0,3</u> gr |
| Pasilla G1 <u>0</u> gr | Paloteado _____ gr |
| Pasilla G2 <u>1,9</u> gr | #Guayabas <u>0,1</u> gr |
| Peso Tostado _____ gr | TT _____ #Quakers <u>6</u> |

| F/A | AC | CP | DU | SR | L/M | IG | TOTAL |
|-----|----|----|----|----|-----|----|--------------|
| | | | | | | | <u>85,25</u> |

| Defectos | | Fragancia | | Sabor | | Cuerpo | |
|---------------|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| Aspero | <input type="checkbox"/> | Papeloso | <input type="checkbox"/> | Caramelo | <input checked="" type="checkbox"/> | Chocolate | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Astringente | <input type="checkbox"/> | Químico | <input type="checkbox"/> | Chocolate | <input type="checkbox"/> | Citrico | <input type="checkbox"/> |
| Cereal | <input type="checkbox"/> | Reposo | <input type="checkbox"/> | Dulce | <input checked="" type="checkbox"/> | F. Amarillas | <input type="checkbox"/> |
| Contaminado | <input type="checkbox"/> | Stinker | <input type="checkbox"/> | Floral | <input checked="" type="checkbox"/> | F. Rojas | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Fenol | <input type="checkbox"/> | Sucio | <input type="checkbox"/> | Frutas Rojas | <input type="checkbox"/> | Panela | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Fermento | <input type="checkbox"/> | Terroso | <input type="checkbox"/> | | | Nueces | <input type="checkbox"/> |
| Ferm. Cebolla | <input type="checkbox"/> | Vegetal | <input type="checkbox"/> | | | Vainilla | <input type="checkbox"/> |
| Fer. Piña | <input type="checkbox"/> | Verde | <input type="checkbox"/> | | | Veg. Dulces | <input type="checkbox"/> |
| Moho | <input type="checkbox"/> | Otros | <input type="checkbox"/> | | | | |

Analista de calidades: Café suave en boca, Cifuce levemente FR → 85,64

Fuente: (Nariño tierra de café, 2024)



$$\text{factor de rendimiento} = \frac{21.000}{245.2} = 85.64$$

Este factor de rendimiento de selección manual nos dice que necesitamos 85.64 kilogramos de café pergamino seco para sacar un costal de 70 kilogramos de café almednra.

Contemplando estos factores y resultados el protipo es perfectamente funcional para cumplir y solventar la necesidad de mejorar los tiempos y seleccionados del café pergamino.

Para generar la vibracion necesaria se necesita de un sistema reductor que se resume en la siguiente tabla

Tabla 13

Sistema reductor

| Sistema reductor | RPM | TORQUE (N*m) | W rad/seg |
|------------------|--------|--------------|-----------|
| Polea 1 | 1800 | 3.97 | 188.495 |
| Polea 2 | 378 | 18.82 | 39.58 |
| Polea 3 | 1134 | 18.82 | |
| Polea 4 | 612.87 | 104.451 | 3851.96 |

En la tabla anterior se evidencia todos los calculos de poleas obtenidos en el desarrollo del proyecto, estos datos satisfacen de la mejor manera el seleccionado del prototipo, ya que se genera un vibracion necesaria para que la selección sea la correcta y veloz.

8.2. Evaluacion economica

En este aspecto podemos evidenciar que existe una gran ventaba económica para el beneficiar que utilice nuestro prototipo, debido al costo de operación.

Costo de operación manual:

$$\text{Costo de operacion} = \text{costo por hora} \times \text{tiempo de operaci3n}$$

$$\text{Costo de operacion} = \$5.416 \times 8 \text{ horas}$$



Costo de operacion = \$43.328

Costo de operación de la maquina:

Para saber el costo de operación de la maquina debemos tener en cuenta el consumo de energía del motor por día el cual es de \$6.282.

Tabla 14

Comparación de consumo económico

| | día | mes |
|---------|----------|-----------|
| Manual | \$43.328 | \$866.560 |
| Maquina | \$6.282 | \$125.640 |

Fuente: (Autoria Propia)

Mientras que para la sección aproximada de una tonelada se necesitaría 8 seleccionadores para realizarlo en un día de trabajo, mientras que con la implementación del prototipo se necesitaría solo un operario que supervisando y este suministrando los granos de café pergamino.

El costo diario de los obreros seria:

$$\$43.328 \times 8 = \$346.624$$

El costo diario del operario y prototipo seria:

$$\$43.328 + \$6.282 = \$49.610$$



9. Conclusiones Y Recomendaciones

9.1. Conclusiones

Se puede concluir que la máquina seleccionadora de café ha demostrado ser efectiva en la separación de granos de café de diferentes tamaños, formas y densidades. Esto contribuye a mejorar la calidad del producto final al garantizar una selección más precisa y homogénea.

Reducción de costos, al mecanizar el proceso de selección, la máquina ha ayudado a reducir los costos en mano de obra y minimizar los tiempos de selección de granos de café defectuosos. Esto se traduce en un aumento de la rentabilidad para los productores y procesadores de café.

El prototipo de maquina seleccionadora posee buenos atributos para realizar un seleccionado de diferentes granos que tengan un diámetros y forma similar.

La metodología para el diseño del prototipo fue la indicada ya que concluye de manera exitosa la construcción de un prototipo eficiente, fácil de manejar y de buena precisión.

Durante las pruebas realizadas, se evidenció que el prototipo es capaz de realizar la selección de manera rápida, precisa y eficiente hasta 12 veces más rápido comparado con la selección manual.

La máquina tiene un consumo moderado de energía para el trabajo que desempeña, lo que genera rentabilidad al productor.

La calidad del café aumenta cuando los procesos de selección son eficientes, por lo cual damos alivio a la problemática de nuestro proyecto.

9.2. Recomendaciones:

Teniendo en cuenta los ensayos físicos se recomienda los siguiente:

Ubicar la maquina en un lugar plano y segundo, además de que se pueda anclar al piso, para reducir vibración, ruido y movimientos extraños.



Para realizar el correcto mantenimiento de los mecanismos que posee el prototipo se recomienda leer el manual de operaciones de la máquina, ya que explica cómo está compuesta la máquina.

Se recomienda que la abertura de la compuerta de la tolva para el paso del grano de café se entre 1cm a 1.5 cm para tener un mejor seleccionado.

Para mejorar el seleccionado se recomienda que el operario se encuentre distribuyendo el café que cae de la tova por la criba para mejorar su precisión.

Al termino de cada jordana laboral (8 horas) se recomienda hacer la limpieza de cada criba para evitar suciedad en el grano de café y desatorar algún grano que queda en las cribas.

Se recomienda que la criba se encuentre a un 30% para que así mantenga un flujo constante y obtener mejores resultados en la selección.

PROHIBIDA SU COPIA



Referencias

- Acerosvel. (2023). *Ángulos*. Recuperado de <https://acerosvel.com/angulos>
- Amorós, J., Mallol, G., Sánchez, E., & García, J. (s.f.). *Diseño de silos y tolvas*.
- Aprende Fácil. (s.f.). *Área Tecnología*. Recuperado de <https://areatecnologia.com/>
- Área Tecnología. (2022). *Estructuras: Qué son, tipos, esfuerzos*. Recuperado de <https://areatecnologia.com/estructuras-que-son-tipos-esfuerzos>
- BRR. (2015). *Rodamientos - Qué son, clasificación, tipos y funcionamiento en general*. Recuperado de <https://brr.mx/rodamientos>
- Burbano, A., Chinchá, G., & Tutistar, G. (2023). *Corregimiento de Matituy Nariño*. Recuperado de <https://www.laflorida-narino.gov.co/corregimiento-matituy>
- Centro Don Bosco y SENA. (2010). *Excéntricas*. Recuperado de <https://sena.wordpress.com/excentricas>
- Dpto. Tecnología. (2010). *Presentación estructuras*. Recuperado de <https://www.slideshare.net/presentacion-estructuras>
- EMEIA. (2023). *Catálogo general de correas Texrope*. Recuperado de https://www.sumitomodrive.com/catalogo_general_correas_texrope_sit-1.pdf
- Grupo Herres. (2023). *¿Qué es la banda de distribución y cuándo cambiarla?* Recuperado de <https://grupoherres.com/bandas-elasticas>
- Imbachi, D. (2019, agosto). *Diseño de una máquina clasificadora de café por tamaño*. Recuperado de <https://www.unividafup.edu.co/c784b0590b880b2e8a7455024a643d77.pdf>
- Ing. Farina, A. L. (2018). *Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento*. Recuperado de https://www.editores-srl.com.ar/ie330_farina_motores_electricos.pdf
- ISO. (2002). *ISO 14159:2002*. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/31518.html>
- Ministerio de Salud. (1979). *Ley 9 de 1979*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/DocumentosyPublicaciones/Ley%209%20de%201979.pdf>
- Murcia, A., Acosta, J., & Caro, L. (2019). *Ammurciav*. Recuperado de <https://www.unad.edu.co/amurciav.pdf>
- NSK. (2023). *Tipos y características de los rodamientos*. Recuperado de <https://www.sicoris-sa.com/nskrodamientos-catalogo-general-catalogo.pdf>



- Procolombia. (2022). *Oportunidad de exportación de café colombiano en Europa y Asia*. Recuperado de <https://www.colombiatrade.com.co/oportunidad-de-exportacion-de-cafe-colombiano-en-europa-y-asia>
- R, J. L. (s.f.). *Sistemas mecánicos: Concepto, ejemplos, características*. Recuperado de <https://www.como-funciona.co/sistemas-mecanicos>
- Recuperado de <https://www.qualicer.org/wp-content/uploads/2022/08/0013041s.pdf>
- Repositorio PUCP. (s.f.). *Máquinas eléctricas - Capítulo 10*. Recuperado de <https://www.pucp.edu.pe/maquinas-electricas-cap10.pdf>
- Rivera, A. (2021). *Bandas de distribución*. Recuperado de <https://www.milenio.com/negocios/quees-la-banda-de-distribucion-y-cual-es-su-funcion>
- Sabora. (2020). *¿Qué es la café especialidad como concepto?* Recuperado de <https://cafesabora.com/que-es-el-cafe-especialidad-como-concepto>
- SKF. (2023). *6213 - Rodamientos rígidos de bolas*. Recuperado de <https://www.skf.com/6213>
- SKF. (2023). *UCP 204 - Unidades de rodamientos de bolas*. Recuperado de <https://www.skf.com/ucp204>
- Vanegas, F. (2016). *Defectos del café*. Recuperado de <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/03/16/defectos-del-cafe/>



10. Anexos

Anexo A ANALISIS ESTATICO

Anexo B DISEÑO DE PIEZAS EN SOLIDWORKS 2019

Anexo C MANUAL DE OPERACIÓN Y FICHA TECNICA

Anexo D PLANOS

Anexo E PLANOS EN PDF

PROHIBIDA SU COPIA