



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño de una máquina tamizadora de 20 kg/h para optimizar el análisis granulometría de
ají paprika en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA S.A.C.

TESIS PARA OBTENER POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Manuel Enrique Ramírez Gil (ORCID: 0000-0003-2668-4634)

ASESOR:

Mg. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO - PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente Tesis está dedicada a Dios por haberme dado la salud, la paciencia, la fortaleza para seguir adelante y lograr mis objetivos, por permitirme llegar hasta este punto y sobre todo por haberme bendecido con una linda familia que nunca se dio por vencida y confío en mi pese a mis errores.

A mis padres Carmen Rosa Gil Sisniegas y Manuel Roberto Ramírez Rojas, por darme la vida, su apoyo incondicional, sus consejos, por su lucha constante y su amor latente todo el tiempo, por cada palabra, gesto de cariño y orgullo que han guiado mis pasos a lo largo de mi vida, por impulsarme con valor y amor para tomar decisiones, por los sacrificios que juntos hemos pasado y por ser los mejores padres del mundo, pero sobre todo por su amor y paciencia.

A mis abuelos Regina Sisniegas Malque y Julio Gil Fernández, ya que siempre creyeron en mí, fueron mi fortaleza, mi motivación para seguir este camino universitario a pesar de no estar físicamente conmigo siempre me tiene en sus manos protegiéndome y guiándome en mi camino.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

El autor.

Agradecimiento

A Dios por darme la oportunidad de tener a mi familia conmigo y poder disfrutarla día con día, por recibir el apoyo en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa y lo justa que puede llegar a ser.

A mi hermana Marielena Chafloque Gil, por ser mi gran ejemplo a seguir adelante, por apoyarme siempre en mis desafíos y por nunca dejarme vencer.

A todas mis amistades que estuvieron en las buenas y en las malas, ya que cuando los necesite me supieron escuchar y me animaron a seguir luchando.

A esa amiga que prometí ser mejor persona y demostrarle que con amor y con ayuda de la familia uno puede llegar lejos.

A las personas que me dieron su tiempo y su cariño incondicional, algunos con sus atenciones me ayudaron a ser mejor persona y otros con sus decepciones me dieron la fortaleza para seguir adelante y demostrarles que con esfuerzo y perseverancia las metas se pueden lograr.

Gracias a todos por creer en mí ya que les diré que no ha sido sencillo el camino, pero con sus aportes, su amor incondicional, su inmensa bondad y apoyo hicieron que lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Les agradezco y hago presente el gran afecto hacia ustedes.

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Manuel Enrique Ramirez Gil,
estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 72652748, con el trabajo
de investigación titulada, "Diseño de una máquina tamizadora de
20 kg/h para optimizar el análisis granulométrico de apt.
paprika en el laboratorio de la empresa MECANINNOVA S.A.C"

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 13 de Febrero, 2020

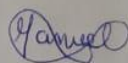
Nombres y apellidos

Manuel E. Ramirez Gil

DNI

72652748

Firma



Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de figuras	vi
Índice de tablas	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.	13
1.2 TRABAJOS PREVIOS.	14
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA.	17
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	21
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	21
1.6 HIPÓTESIS.	22
1.7 OBJETIVOS	22
II. MÉTODO	23
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	23
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.	25
2.3 TÉCNICAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.	25
2.4 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	26
III. RESULTADOS	27
3.1 DETERMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DEL TAMIZADO POR VIBRACIÓN DE AJÍ. PAPRIKA EN EL LABORATORIO DE LA EMPRESA MECAINNOVA S.A.C.	27
3.2 CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES RELEVANTES DEL AJÍ PAPRIKA.	34
3.3 DISEÑAR LOS DIVERSOS ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS DE LA MÁQUINA TAMIZADORA DE 20 KG/H DE CAPACIDAD.	36
3.4 CALCULAR EL COSTO DE FABRICACIÓN DE LA MÁQUINA TAMIZADORA.	98
IV. DISCUSIÓN	99
V. CONCLUSIONES	100
VI. RECOMENDACIONES	101
	vi

REFERENCIAS	102
ANEXOS	103

Índice de Figuras

FIGURA 1.- AJI PAPIKA.	17
FIGURA 2.- FASES DE LOS PROCESOS DE DISEÑO.	19
FIGURA 3.- AJI PAPIKA MOLIDO.	27
FIGURA 4.- EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL PROCESO DE TAMIZADO.	33
FIGURA 5.- MESA UTILIZADA PARA EL PROCESO DE TAMIZADO.	33
FIGURA 6.- TAMIZ DE AJÍ PAPIKA.	34
FIGURA 7.- MATRIZ DE PONDERADO DE SELECCIÓN DE DISEÑO.	38
FIGURA 8.- VISTA DETALLADA DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA TAMIZADORA.	39
FIGURA 9.- SOPORTE DE TAMICES Y EL EJE CONDUcido.	40
FIGURA 10.- DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE.	40
FIGURA 11.- DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE.	29
FIGURA 12.- DIAGRAMA DE FUERZAS DEL EJE CON EL SOPORTE.	30
FIGURA 13.- DESCOMPOSICIÓN DE LAS FUERZAS DEL SOPORTE.	31
FIGURA 14.- ESPECIFICACIONES DEL RESORTE.	45
FIGURA 15.- DATOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD.	48
FIGURA 16.- DISEÑO DE LA POSICION DE LAS POLEAS.	49
FIGURA 17.- DIMENSIONES Y PERFIL DE LA POLEA.	54
FIGURA 18.- DIMENSIONES DE LA POLEA.	54
FIGURA 19.- DIMENSIONES DE LA CORREA.	54
FIGURA 20.- DIMENSIONES DE LA CORREA TIPO A.	55
FIGURA 21.- TENSION DE LA POLEA.	56
FIGURA 22.- MASA DE LA CORREA POR METRO DE LONGITUD SEGÚN EL TIPO DE PERFIL.	45
FIGURA 23.- REPRESENTACIÓN DE LOS PUNTOS DE ESFUERZO DE LA POLEA Y CORREA.	58
FIGURA 24.- PUNTOS DE TENSION DE LA BANDA EN V.	49
FIGURA 25.- DIAGRAMA DEL EJE CONDUcido.	61
FIGURA 26.- DIAGRAMA DEL EJE CONDUcido.	62

FIGURA 27.- DIAGRAMA DE FUERZAS.	62
FIGURA 28.- DIAGRAMA DE CORTANTE.	64
FIGURA 29.- DIAGRAMA DE MOMENTOS.	64
FIGURA 30.- ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIAS MÍNIMAS A LA TENSIÓN Y LA FLUENCIA ASTM.	65
FIGURA 31.- PARÁMETROS DEL FACTOR SUPERFICIAL DE MARÍN.	67
FIGURA 32.- FACTORES DE CONFIABILIDAD.	69
FIGURA 33.- DESCRIPCION DEL ACERO AISI 1006.	72
FIGURA 34.- PROFUNDIDAD DEL CHAVETERO EN EL EJE.	73
FIGURA 35.- PROFUNDIDAD DEL CHAVETERO EN TU CUBO.	74
FIGURA 36.- ALTURA DE LA CUERDA.	75
FIGURA 37.- DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE.	76
FIGURA 38.- TABLA DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO SO.	65
FIGURA 39.- CARACTERÍSTICAS DEL RODAMIENTO RÍGIDO 61805.	78
FIGURA 40.- DISEÑO Y MEDIDAS DEL RODAMIENTO RÍGIDO 61805.	78
FIGURA 41.- TABLA DE FACTORES DE CÁLCULO DEL RODAMIENTO 61805.	67
FIGURA 42.- FACTOS DE CONFIABILIDAD A1.	80
FIGURA 43.- FACTOR DE CARACTERÍSTICAS A2.	68
FIGURA 44.- FACTORES DE OPERACIÓN.	81
FIGURA 45.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL RODAMIENTO 61805.	70
FIGURA 46.- FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO SO.	71
FIGURA 47.- TABLA DE FACTORES DE CÁLCULO PARA RODAMIENTOS RÍGIDOS 61805.	72
FIGURA 48.- FACTOR DE CONFIABILIDAD.	85
FIGURA 49.- FACTOR DE CARACTERÍSTICAS.	85
FIGURA 50.- FACTOR DE CONDICIONES DE OPERACIÓN.	86
FIGURA 51.- PROPIEDADES DE LA PLANCHA.	75
FIGURA 52.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PERNOS REQUERIDOS.	75
FIGURA 53.- POSICIÓN DE LOS ORIFICIOS DE SUJECIÓN DE LA PLANCHA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD.	88
FIGURA 54.- DIAGRAMA CON VALORES PARA MACRO.	90
FIGURA 55.- ESPECIFICACIONES.	79
FIGURA 56.- CARACTERÍSTICAS DEL TUBO CUADRADO ASTM A500.	79
FIGURA 57.- ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN DE VIGAS.	80

FIGURA 58.- DIAGRAMA DE LA ESTRUCTURA.	92
FIGURA 59.- REPRESENTACIÓN DE LAS VIBRACIONES RESPECTO AL TIEMPO VS POSICIÓN.	83
FIGURA 60.- POSICIÓN VS TIEMPO T EN UN LAPSO DE 100 SEGUNDOS.	83
FIGURA 61.- CARACTERÍSTICAS DE LAS JUNTAS SOLDADAS.	84
FIGURA 62.- DETALLE DE JUNTAS SOLDADAS PRECALIFICADAS.	84
FIGURA 63.- ESPECIFICACIONES DE LOS TAMAÑOS DE SOLDADURA.	85
FIGURA 64.- A) DIAGRAMA DE CONTROL Y B) DIAGRAMA DE FUERZAS.	98
FIGURA 64.- A) DIAGRAMA DE CONTROL Y B) DIAGRAMA DE FUERZAS.	98

Índice de Tablas

TABLA 1.- PORCENTAJES DE AJÍ PAPRIKA EXPORTADO POR LA EMPRESA MECANOINNOVA.	20
TABLA 2.- PRINCIPALES PROPIEDADES DEL AJÍ PAPRIKA	22
TABLA 3.- ESCALA DE VALORIZACIÓN	25
TABLA 4.- PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA TAMIZADORA SELECCIONADA PARA EL DISEÑO.	27
TABLA 5.- VALORES CALCULADOS DE LAS POLEAS	37
TABLA 6.- MEDIDAS CALCULADAS DE LAS POLEAS Y BANDAS.	44
TABLA 7.- CÁLCULO DE LOS PUNTOS DE ESFUERZO.	49
TABLA 8.- RESUMEN SOBRE LOS CÁLCULOS DEL DISEÑO DE LA CHAVETA.	63
TABLA 9.- DIMENSIONES DEL RODAMIENTO RÍGIDO 61805.	69
TABLA 10.- DESCRIPCIÓN DE LAS MEDICIONES.	74
TABLA 11.- ESFUERZOS MÁXIMOS.	78
TABLA 12.- RESUMEN DE COSTO TOTAL.	86
TABLA 13.- COSTOS DE MATERIALES.	91
TABLA 14.- COSTOS DE PRE FABRICADO.	92
TABLA 15.- COSTOS DE FABRICACIÓN.	94
TABLA 16.- COSTOS INDIRECTOS.	94
TABLA 17.- COSTOS TOTAL DEL EQUIPO.	95
TABLA 18.- COSTOS INDIRECTOS.	96
TABLA 19.- COSTOS EXTRAS	96

RESUMEN

Este trabajo de investigación denominado “DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS PLASTICAS DE 100KG/H PARA OPTIMIZAR SU TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA RECICLADORA PLANETA VERDE EIRL – CHICLAYO” permitirá además de preservar el medio ambiente, optimizar el transcurso del procedimiento de plástico PET (Polietileno de Tereftalato) optimizando en almacenaje y transporte como también beneficiar a la empresa de reciclaje Planeta Verde EIRL - Chiclayo.

Se realizó una investigación cuantitativa mediante métodos estadísticos y análisis de datos de las encuestas ejecutadas. Esto ayudo a determinar la aprobación del proyecto y así lograr obtener el diseño más apropiado para la fabricación de una máquina trituradora de botellas platicas PET. La fabricación de la máquina parte del diseño y el cálculo obtenido para la construcción de las piezas y partes que conformaran la máquina.

Palabras claves: trituradora de botellas plásticas, recicladora plástica, diseño de máquina trituradora.

ABSTRACT

The sieving process of powdered products is a common process with the purpose of guaranteeing the same type of grain, however, this process must be done correctly, in this research a tamipara of ají paprika of 20 Kg / hour, which will be located in the laboratory of the company MECANOINNOVA

The design was carried out characterizing the sieving process of the paprika pepper, from there the design parameters have been established and the different electromechanical elements of the sieving machine have been calculated, selecting the standard elements that the machine counts on the appropriate material for they are in contact with an edible material.

Additionally, the manufacturing costs of the sieving machine have been established, amounting to \$ 2164.76, the cost of manufacturing the machine.

Keywords: plastic bottle crusher, plastic recycler, crusher machine design.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

Ají paprika es un producto con mayor volumen de exportación agroindustrial no tradicional, en estos últimos años este producto a tenido un gran crecimiento, el ají paprika tiene diversos usos, sirve para la industria de alimentos como un colorante de proveniencia natural, en la farmacia y cosmetología se usa para agregar el color a los labiales y bases de maquillaje, aceite esencia, etc.

Mayormente el ají paprika dentro del país se da en la costa, específicamente en el norte de esta, siendo esta zona la principal área que genera la producción en los departamentos de Lima, Arequipa, La Libertad, Ica.

a) Nivel internacional.

En la actualidad el mayor productor de ají paprika es china, Estado Unidos y Perú, siendo el Perú y China los países que tienen una presentación entero, trozado, molido; mientras que Estados Unidos despacha solo molido.

En estos últimos años los principales mercados para la exportación del ají paprika son España, quien se ha posicionado como el principal país destino de las exportaciones peruanas de páprika además concentra más del 30% de la demanda mundo. (AGRODATAPERÚ, s.f.).

b) Nivel nacional.

En el año 2016, las exportaciones agropecuarias alcanzan los US\$ 5 557 millones con un incremento del 11% con respecto al 2015, con un precio promedio por kilo de US\$ 1,91; en el 2017 las exportaciones agropecuarias llegan a US\$ 5 711 millones con un incremento del 2.7% y un precio por kilo de US\$ 1,94. (AGRODATAPERÚ, s.f.)

El Ají paprika, actualmente se exporta en diversas presentaciones tales como extracto de paprika, paprika entera, paprika en trozos y paprika en polvo, en lo que va del presente año en el mes de enero se ha exportado US\$ 4 004 088 y el mes de febrero US\$ 7 447 720.

La exportación de ají paprika en polvo representa un porcentaje importante en la exportación de este producto, siendo necesario el envío de una muestra del producto por cada contenedor al cliente, el cual una vez aprobada la muestra procede a realizar el pedido correspondiente, actualmente son pocas las empresas que cuentan con una máquina tamizadora, haciéndose este proceso en forma manual, siendo lento tomando en cuenta que se usa una malla 40x40.

c) Nivel local.

La empresa MECAINNOVA, es una empresa agroindustrial que exporta ají paprika en polvo, sin embargo, los clientes le solicitan por cada contenedor el envío de una muestra tamizada para la aprobación correspondiente; este proceso actualmente se realiza a mano con malla de 40 x 40, tomando de hasta 2 días para obtener 20 Kg de tamizado de ají paprika.

Por lo expuesto debido que la demanda crece es necesario proponer un diseño de una máquina tamizadora para el laboratorio de la empresa MECAINNOVA.

1.2 Trabajos previos.

(Perez de Mora, 2017) en su investigación denominada “diseño y construcción de una máquina tamizadora para análisis granulométrico de polvos metálicos para el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica”. El tamiz con el que cuenta el laboratorio para realizar el ensayo de análisis granulométrico en polvos metálicos, facilita la división de los distintos tamaños de granos de estos. los mismos que son utilizados en distintas formas dentro de la industria pulvimetalúrgica, dentro de fundición y de ensayos, para esto es necesario contar con una granulometría determinada. (Perez de Mora, 2017).

En esta investigación técnica se inició con un recojo de información relacionada al tema tratado, buscando los distintos tipos de tamices utilizados dentro de la industria. Según las características técnicas que presentaban estas tamizadoras se identificó a aquellas que van de acuerdo a la norma ASTM b214-16 para polvos metálicos. Para obtener el tamizado requerido se tiene en cuenta ciertas características mecánicas, técnicas, de mercado, mantenimiento y construcción, siendo así que se decide seleccionar la tamizadora horizontal (Pérez De Mora, 2017).

Tomando en cuenta la norma ASTM B214-16 y las características establecidas se empezó el diseño de las partes como el sistema de transmisión (motor, polea y reductor de velocidad), el soporte de tamices, el eje conducido, chaveta del eje y estructura. Además, que se realizaron cálculos para este diseño como momento máximo, selección de bandas y poleas, relación de transmisión, el torque, potencia del motor, factor de seguridad del eje conducido, esfuerzo de la banda perfil estructural y selección de rodamientos. Para la construcción de este tamizador horizontal tiene por actividades principales el doblado y corte de planchas y perfiles, taladro de agujeros, torneado de ejes, soldadura de la estructura, torneado de ejes, base y tapa del soporte y fundición del soporte de los tamices. Durante la prueba para comprobar su funcionamiento se ejecutaron ensayos según los tipos de granulometría que asignaba la norma, lográndose mediante el empleo de distintos tamices. (Perez de Mora, 2017).

(Illescas Sanchez , 2007), “**diseño y construcción de una tamizadora de arenas para moldes de fundición**”. Mediante esta investigación se trata de mejorar el procedimiento de tamizado de arenas para la realización de moldes para fundición, tomando en cuenta para su diseño y elaboración la información recopilada esencial para lograr entender las propiedades que presenta la arena. Esta es un cuerpo de la naturaleza complejo, compuesto de sílice, impurezas y arcilla. Presentando dentro de sus propiedades la resistencia, refractariedad, permeabilidad y plasticidad. Existen también distintos tipos de arenas los cuales son usados para moldear en seco y se encuentran formados por arcilla y sílice; esta a su vez contiene oxígeno y silicio; y la arcilla presenta compuestos de alúmina, sílice y canolita. Es de gran importancia tener la granulometría adecuada, ya que la mezcla debe poseer propiedades para el moldeo y estas dependen en su mayoría del tamaño del grano. Este factor es más importante en las piezas que son moldeadas, ya que las uniformidades entre estos permiten una mejor distribución, hay que tener muy presente esto ya que la arena tiene una variación en cuanto al tamaño de sus granos de entre 0.05 a 2 mm. En el segundo capítulo se encuentran los elementos cuyos cálculos son esenciales para la tamizadora la potencia del motor, el eje principal, la cadena cinemática y el tamaño de las poleas. Durante la realización del equipo se concluyó que durante el proceso la soldadura se divide en dos categorías, soldadura por fusión, la cual se realiza al aplicar calor en la superficie, estas se funden al entrar en contacto, si la necesidad de emplear otro metal; y la soldadura por presión, la cual si requiere de otro

metal para poder soldar y necesita la presión necesaria ayudada de calor. Al soldar el metal al borne eléctrico se forma un arco eléctrico.

El calor que se produce en el arco logra fundir ambas partes y las une al electrodo, siendo este el metal de aportación. Para realizar los dibujos de las partes se utilizó el programa AutoCAD, ayudando a diseñar la tamizadora. El proceso de tamizar la arena ha ido perfeccionándose en el tiempo, actualmente existen una serie de tamices de distintos tamaños según la granulometría requerida. SIENDO ESTE UN proyecto DE MAYOR importancia para cubrir el requerimiento del taller de fundición de la Universidad Politécnica Salesiana, creando un modelo de tamizaje práctico, rápido y eficiente, logrando los resultados esperados. (Illescas Sanchez , 2007).

(Rosero Alvarez & Olivarez Yachimba, 2010), **“diseño y construcción de un equipo mixto de tamizado y secado para la separación de esporas de hongos de amaranto y su uso como bioplaguicida”**. Este trabajo tiene por objetivo el diseño y construcción de una máquina mixta de tamizado y secado para la división de esporas de hongos del amaranto para el empleo de estas en bioplaguicidas, por parte del departamento de ciencias biológicas de la ESPOCH, generando un incremento de producción (Rosero Alvarez & Olivarez Yachimba, 2010).

Para el diseño de este aparato se realizaron simulacros y pruebas mediante ensayos de laboratorio, con la finalidad de obtener datos provenientes de la experimentación e identificar las variables de estos, después de esto se realizaron los cálculos para dimensionar el tamiz , para esto también se tuvo en cuenta los elementos principales que conformarían el equipo, como un electroimán, el cual ayudaría a la vibración y se encontraría en la parte inferior de este, la resistencia eléctrica para el secado en la parte superior y además se contó con tamices del número treinta, cuarenta y sesenta. (Rosero Alvarez & Olivarez Yachimba, 2010).

1.3 Teorías relacionadas con el tema.

1.3.1 Ají paprika.

Es una variante del ají pimiento, y posee un alto valor en vitamina C.

Actualmente nuestro país es el mayor productor de este aj, ya que crece en abundancia y se ha convertido en la tendencia de la agroindustria dentro de la costa del Perú.

- **El nombre científico de la Páprika:** *Capsicum annum L. var longum*.
- **Nombres comunes:** Páprika, Pimiento dulce, Pimiento marrón y Pimentón
- **Etimología:** Kardos (1897) citado por Somos
- **Nombre botánico:** (*Capsicum*) de la palabra griega Kapso, Kaptein (picar, devorar) y además Kapsakes (vaina, cápsula).



Figura 1.- aj paprika.

a. Usos.

Es usado frecuentemente cuando se encuentra deshidratado como un condimento alimenticio, sirve de colorante natural y es mezcla para los alimentos avícolas, es también usado para la fabricación de embutidos, principalmente en su color, y además se utiliza para extraer aceites de buena calidad y oleorresinas. Su uso como alimento beneficia al ser un alimento con bajos

porcentajes de colesterol y sodio. No se debe olvidar de sus usos en otras industrias como las farmacológicas y la del maquillaje.

1.3.2 Diseño.

Para realizar el diseño mecánico se necesitan habilidades y tener en cuenta que no es una tarea fácil. Es por eso que se realiza una lista de actividades a seguir y revisar, para contar con la certeza de que se está realizando de la mejor manera. (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

Para diseñar algo es necesario la realización de un plan el cual especifique cada paso que se tiene para dar solución a un problema. Si este plan se realiza según lo previsto el resultado será, la generación de algo real, y este resultado será seguro, útil, competitivo, fabricable y comercializable. (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

El diseñar conlleva a un proceso de innovación y de tomar decisiones, las cuales no siempre serán acertadas y ser un trabajo largo lleno de cambios y ajustes según se vaya avanzando en su elaboración. (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

a. Fases del diseño.

El diseño se inicia cuando se identifica una necesidad o requerimiento y debemos solucionar esta necesidad de una forma creativa. Y debemos recordar que existe una gran diferencia entre un problema y una necesidad.

Un problema es algo específico y así mismo debe incluir todos los detalles de lo que se pretende diseñar. Dentro de estos detalles se debe incluir las dimensiones, características y entradas y salidas además de las limitaciones del objeto a diseñar. El determinar las especificaciones del diseño definirá la cantidad necesaria y el costo, la temperatura de operación y la confiabilidad.

Según se va avanzando en el desarrollo del diseño, se debe evaluar o analizar el desempeño que tendrá este y la satisfacción que otorgará. Los esquemas de este que no se consideren aptos, se mejoran, revisan o eliminan.

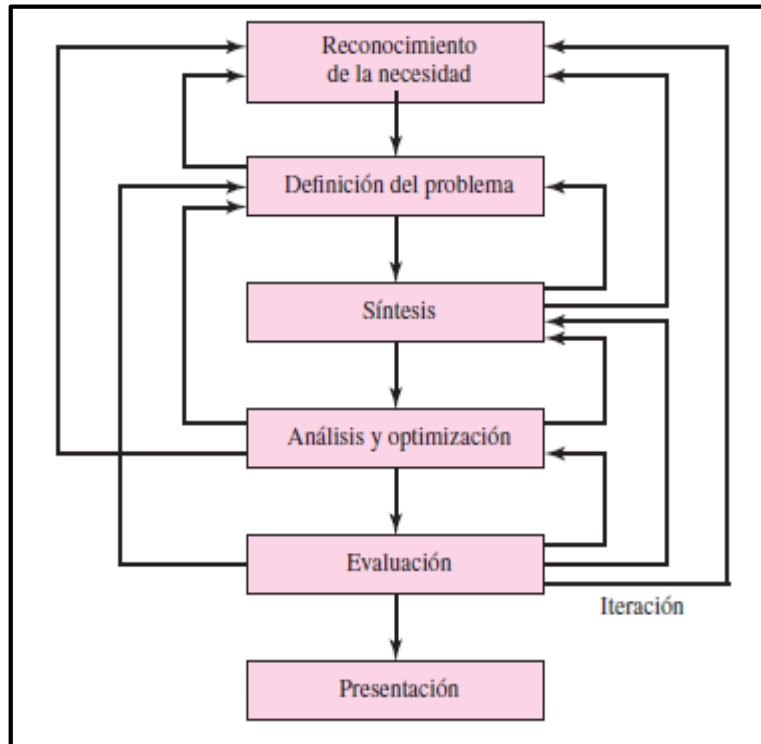


Figura 2.- fases de los procesos de diseño.

El diseño es un procedimiento de observación y descarte iterativo el cual debe poseer una serie de pasos, los cuales permiten realizar una evaluación de resultados y controlar los procedimientos. Es así como se puede sintetizar los distintos componentes mediante el análisis y optimización de estos, verificando los efectos en el desarrollo del sistema.

b. Herramientas y recursos del diseño.

La capacidad de un ingeniero permite dar solución a los diferentes problemas de sistema y diseño en el sistema disponiendo de diversos recursos y herramientas.

- **Herramientas computacionales.**

El programa CAD es un software utilizado para diseñar en la computadora herramientas en 3-D las cuales generan una mejor vista ortográfica en dimensiones automáticas.

- **Adquisición de información técnica.**

Ahora vivimos en la era de la información, la cual cambia a un ritmo constante y rápido. Es por ello que es de suma importancia mantenerse actualizados y al corriente en cuanto al estudio y distintas ocupaciones.

- **Normas y códigos.**

Las normas son una relación de determinaciones que se aplican a procesos, materiales o partes buscando lograr la uniformidad que estas especifican. El objetivo principal de las normas es dar a conocer los límites dentro de sus artículos y los detalles bajo un estándar razonable de tamaño, variedades, herramientas y formas.

Por otro lado, un código está hecho para mostrar especificaciones y detalles los cuales sirven para el diseño, análisis, manufactura y construcción de algo. El objetivo de este es tratar de generar un grado en cuanto a seguridad específica, calidad, desempeño o eficiencia. (Budynas, Nisbett, & Ríos Sánchez, 2008).

1.3.3 Economía.

Para realizar un buen diseño es necesario tener en cuenta el costo de manufactura, facilitando la toma de decisiones en cuanto al material que se va usar y el diseño a realizar.

a. Tamaño estándar.

El uso de tamaños comunes o estándar es la base que generara una baja en los costos.

b. Tolerancias amplias.

Dentro de las repercusiones en las características de diseño ante los costos, las tolerancias son las más importantes. Ya que estas influirán en muchos factores dentro de la factibilidad de la elaboración, a la vez estas restringen las necesidades a pasos esenciales durante el proceso de fabricación.

c. Puntos de equilibrio.

Para seleccionar entre dos o más opciones de diseño hay muchos factores a tener en cuenta, entre ellos encontramos el costo, la producción, la rapidez para el ensamblaje, entre otras.

1.4 Formulación del problema.

¿Es factible diseñar una máquina tamizadora de 20 Kg/h para el análisis granulométrico de Ají Paprika en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA?

1.5 Justificación del estudio.

1.5.1 Técnica.

Esta tesis nos permitirá optimizar el proceso de tamizado en el laboratorio para un análisis adecuado del ají paprika que servirá de muestra que se envía a los clientes, además de poder desarrollar tecnología adecuada a nuestra realidad respetando la normatividad vigente.

1.5.2 Económica.

En esta investigación el proceso de tamizado se podrá realizar en un menor tiempo del que se hace actualmente con el consecuente ahorro económico, además de tener la disponibilidad de contar con material tamizado para los clientes, sien esto beneficioso para la empresa y sus trabajadores.

1.5.3 Ambiental.

El diseño de la tamizadora permitirá que el personal no entre en contacto con el ají paprika evitando de esta manera la contaminación a los trabajadores, además que permitirá minimizar los desperdicios, disminuyendo el impacto ambiental al momento de realizar la disposición final de los mismos.

1.5.4 Social.

La presente tesis permitirá que el proceso de tamizado en el laboratorio de la empresa MECANOINNOVA ya no lo realicen en forma manual, beneficiando a los trabajadores ya que no se exponen directamente con el producto mejorando los ambientes de trabajo y su calidad de vida.

1.6 Hipótesis.

Si es factible diseñar una máquina tamizadora de 20 Kg/h para el análisis granulométrico de Ají Paprika en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA, usando la normatividad vigente.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general.

Diseñar una máquina tamizadora de 20Kg/h para el análisis granulométrico de Ají Paprika en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA.

1.7.2 Objetivos específicos.

- a) Determinación de la característica del tamizado por vibración de ají. paprika en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA S.A.C.
- b) Caracterizar las propiedades relevantes del ají paprika.
- c) Diseñar los diversos elementos electromecánicos de la máquina tamizadora de 20 Kg/h de capacidad.
- d) Calcular el costo de fabricación de la máquina tamizadora

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación.

- No experimental.

la siguiente investigación, es una investigación no experimental debido a que el investigador se encarga de observar sin realizar ninguna manipulación o cambio a la variable independiente, para su posterior análisis.

- Descriptiva.

“Se refiere a la interpretación concreta de la naturaleza o sociedad actual. Trabaja con realidades del fenómeno u objeto de estudio”. (Gomez Bastar, 2012).

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Donde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

2.1.1. Variable y Operacionalización.

2.1.1.1 Variable independiente.

Diseño de maquina tamizadora.

2.1.1.2 Variable dependiente.

Ají paprika tamizado.

2.1.1.3 Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFICNICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Diseño Máquina Tamizadora	El diseño de máquinas es el proceso mediante el cual se define las dimensiones, materiales, tecnología y funcionamiento de una máquina	La máquina es el equipo que ha sido conceptualizado, diseñad y fabricado para realizar una tarea específica, como en este caso el tamizado de ají paprika.	Potencia Dimensiones Material Capacidad de Trabajo	KW Mm Tipo Kg/h	Observación
Variable Dependiente: Tamizado de Ají Paprika	Proceso por medio del cual se separan dos sólidos de acuerdo al tamaño de sus partículas.	El tamizado consiste en hacer pasar las partículas sólidas por diferentes tamaños de tamiz, cedazo o algún medio que haga la función de colador.	Granulometría	micrómetro	Observación

2.2 Población y muestra.

2.2.1 Población

Cantidad de material y tamices necesarios para el laboratorio de la empresa MECANOINNOVA.

2.2.2 Muestra

Cantidad de material y tamices necesarios para el laboratorio de la empresa MECANOINNOVA.

2.3 Técnicas y recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.3.1 Técnicas de recolección de datos.

- **Observación.**

Con esta técnica mediremos los diversos parámetros de cómo funciona la máquina tamizadora además de los parámetros de ingreso y salida de la máquina como el tamaño de ají paprika, cantidad de ají resultante que ha pasado el tamiz, calidad de tamizaje.

- **Revisión documentaria.**

Esta técnica permite la búsqueda de diversos parámetros para el diseño de la máquina tamizadora como la búsqueda del material adecuado, selección de diversos elementos estandarizados para la máquina como rodamientos, fajas, poleas, etc.

2.3.2 Instrumentos de recolección de datos.

- **Ficha control de diseño.**

La ficha de control de diseño permitirá evaluar la operatividad y funcionalidad de la tamizadora de ají paprika para el laboratorio, observando dimensiones, acabados potencia de la máquina, consumo de energía, etc.

- **Ficha de revisión documentaria.**

Nos permite tener registros de manuales y diseños de fabricantes de máquinas tamizadoras para su evaluación y selección.

2.4 Validez y confiabilidad

El análisis de datos se va a realizar a través de la estadística descriptiva aplicado a las variables de estudio, tabulando los datos y evaluando factores comunes.

2.4.1 Aspectos éticos.

En la siguiente investigación me comprometo en respetar los derechos de autor y la veracidad de información y resultados presentados. Esta investigación tiene la finalidad de beneficiar a la sociedad, cuidar la salud y el medio ambiente.

III. RESULTADOS

3.1 Determinación de la característica del tamizado por vibración de ají. paprika en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA S.A.C.

3.1.1 Molienda.

La empresa MECANOINNOVA, está dedicada a la exportación de diversos productos entre los cuales paprika molida.



Figura 3.- ají paprika molido.

El ají paprika sigue el siguiente procedimiento dentro de la empresa para la obtención de ají paprika molido.

RECEPCIÓN

El Ají Paprika y la semilla son recepcionados en sacos.

Para llevar un mejor control de la materia prima recibida se realiza un muestreo donde se observa el estado del ají paprika y semilla, para poder así estimar la producción del día.

CONFORMIDAD Y/O DEVOLUCIÓN

Si los productos cumplen con las especificaciones de calidad e inocuidad serán considerados conformes e ingresados para su procesamiento.

Si estos no cumplen con las especificaciones técnica es rechazado y devuelto al proveedor y el responsable de la recepción informa a la Gerencia para que tome conocimiento de los hechos

PESADO

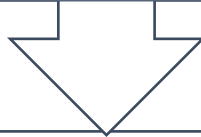
Una vez recepcionada la materia prima, se pesa para verificar si está conforme con la guía de compra.

ALMACENAMIENTO

La materia prima es almacenada temporalmente a temperatura ambiente, bajo las condiciones adecuadas (espacio, ventilación y limpieza) de manera que no sufra ningún deterioro causado por insectos, roedores, productos químicos.

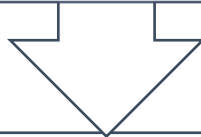
PESADO

Una vez seleccionada la materia prima es importante realizar el pesado para determinar rendimientos en los procesos productivos.



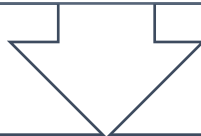
MOLIENDA

Operación que reduce el tamaño de los frutos secos de la páprika; este proceso se realiza de manera paulatina para evitar la sobreexposición de la materia prima a las condiciones de molienda (alta fricción) usando para este fin molinos de martillo. Este proceso se va repitiendo hasta obtener un tamaño de partícula requerido por el pedido del cliente.



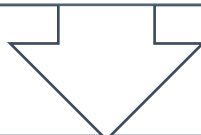
TAMIZADO

El producto molido es llevado a la tamizadora con la finalidad de lograr que el producto obtenga la granulometría especificada por el cliente.



PESADO

El producto tamizado es pesado en bolsas de 25 kg, posteriormente es llevado al almacén de producto molido.



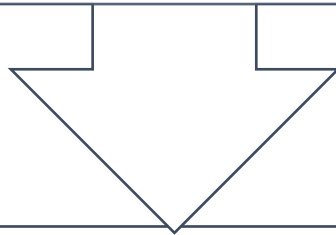
ALMACÉN TEMPORAL

El ají paprika y la semilla molidos, son llevados al almacén de insumos a la espera del proceso. Se almacena a temperatura ambiente, sobre parihuelas y en un área libre de suciedad e insectos.

3.1.2 Envasado.

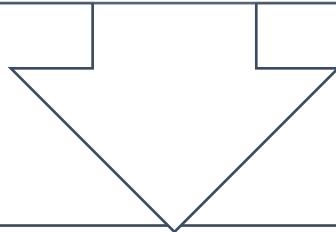
RECEPCIÓN DE ENVASES Y ETIQUETAS

Todos los materiales de empaque y embalaje son recepcionados por el jefe de aseguramiento de calidad, el mismo que verifica la guía de remisión y la integridad de los materiales.



CONFORMIDAD Y/O DEVOLUCIÓN /ALMACENADO (ETIQUETAS)

Se requerirá el certificado de calidad y/o ficha técnica al proveedor, si no es conforme se procede a su devolución y si es conforme procederá a trasladarlos hasta el almacén de empaques y guardarlos en condiciones sanitarias hasta su uso en el proceso



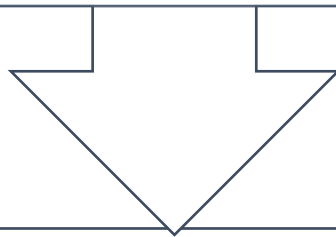
MEZCLADO

Cada uno de los insumos necesarios para la obtención del producto final es adicionado a la máquina mezcladora.

Esta máquina contiene unas paletas que giran constantemente para lograr que cada insumo se integre adecuadamente. La mezcla permanece aquí aproximadamente 25 minutos, hasta que alcance el color visual y Grados Asta requeridos por cada cliente.

PESADO

El producto final es pesado en bolsas plásticas, el peso variara de acuerdo a la solicitud de los clientes.

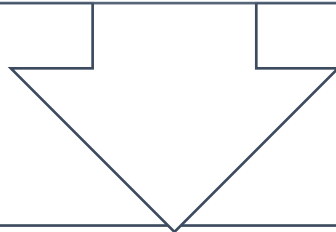


ENVASADO/SELLADO/EMPAQUETA

Estos son envasadas en bolsa de polipropileno conforme al peso y o presentación programada. Se realiza con la finalidad de evitar la contaminación del producto.

Consiste en el acondicionamiento en cajas de cartón, bolsas de papel o en cualquier unidad comercial que el cliente pueda haber definido durante el contrato respectivo

Cada envase es enumerado de acuerdo al batch del cual se ha procesado. De esta manera se puede realizar una trazabilidad, en caso exista algún problema con nuestro producto.



ALMACENADO/ DESPACHO

El almacenado temporal se realiza en un ambiente a temperatura entre 20°-24°C, para su posterior despacho.

3.1.3 Peligros.

Se consideran tres tipos de peligro que pueden afectar al producto.

- **Peligros biológicos.**

Presencia de microorganismos (bacterias, mohos y levaduras) patógenos y sus toxinas, etcétera.

- **Peligros químicos.**

Productos de limpieza, pesticidas, metales tóxicos, aditivos químicos, etcétera.

- **Peligros físicos.**

Piedras, trozos de metal, astillas de madera, etcétera.

3.1.4 Exportación.

El registro de la cantidad de producto que se ha exportados lo mostramos en la siguiente tabla.

Tabla 1.- porcentajes de ají paprika exportado por la empresa MECANOINNOVA.

Producto	País	Año	FOB (US\$)	Peso Bruto (Kg)
Ají	Italia	2017	82,107.00	2,010.24
Ají	Federación Rusia	2017	85,038.00	11,999.00
Ají	Estados Unidos	2017	797,806.10	106,272.21

Elaboración propia.

- **Procesos.**

El proceso de exportación se realiza en contenedores, con las siguientes características.

3.1.5 Paprika molida B.

Diferente asta, 180, 160, 150, 120, 100, 80, 60

Embazada en Bolsas de papel Kraft y bolsa de polipropileno al interior

Peso: 25 Kg o 50 Libra

Sin embargo, los clientes demandan por cada contenedor una muestra tamizada de 25 Kg para la aprobación correspondiente.

El proceso de tamizado actualmente se realiza a mano con una malla de 40 x 40 el cual toma hasta 02 días realizar este proceso.



Figura 4.- equipos utilizados para el proceso de tamizado.



Figura 5.- mesa utilizada para el proceso de tamizado.



Figura 6.- tamiz de ají paprika.

3.2 Caracterizar las propiedades relevantes del ají paprika.

El ají paprika que procesa la empresa MECANOINNOVA tiene las LA SIGUIENTES PROPIEDADES.

Tabla 2.- principales propiedades del ají paprika.

NOMBRE	PAPRIKA MOLIDA
DESCRIPCIÓN	Nuestro producto es obtenido a partir de frutos maduros, limpios secos y molidos. El producto no contiene aditivos y es utilizado como colorante y saborizante natural en la industria alimentaria, como: derivados cárnicos, salsas, refrescos, etc.; así como también es fuente para la extracción de oleorresinas utilizada en la industria cosmética.
INGREDIENTES	Páprika molida, semilla de Páprika molida, aceite de semilla, anti apelmazante, agua.

MÉTODO DE TRATAMIENTO Y CONSERVACIÓN	Paprika : Molido Semilla : Molido Aceite de semilla : Concentrado				
CLASIFICACIÓN	Especias y condimentos deshidratados				
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS	Olor	Fresco, aromático, picante, libre de rancidez y de olores extraños.			
	Color	Rojo uniforme y característico del tipo y variedad.			
	Sabor	Fresco, picante, y libre de sabores extraños.			
	Humedad	8.0 %			
	Cenizas	8.9 %			
	Fibra	19 %			
	Intensidad de color	Depende de la solicitud del cliente			
	Agente Microbiano	Limite por gramo			
		n	c	M	M
	Aerobios mesófilos	5	2	10 ⁵	10 ⁶
	Mohos	5	2	10 ³	10 ⁴
	Coliformes	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i> sp.	5	0	Ausencia/25 gr.	--
USO PREVISTO INSTRUCCIONES DE USO	De consumo indirecto, industria de embutidos, también como aderezo picante, y diversas aplicaciones. Está dirigido a público en general.				
VIDA ÚTIL	12 meses, bajo óptimas condiciones de luz y temperatura.				
PRESENTACION Y EMPAQUE	Cajas de cartón o bolsas de papel. El peso dependerá de la solicitud del cliente.				
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	Almacenado a temperatura ambiente. En lugares cerrados con pisos pulidos, fresco, limpio, seco, ventilado. El almacén debe permanecer cerrado y protegido contra el ingreso de agentes contaminantes.				

Elaboración propia.

3.3 Diseñar los diversos elementos electromecánicos de la máquina tamizadora de 20 kg/h de capacidad.

3.3.1 Selección de alternativas.

Para evaluar se tomaron en una escala del cien por ciento (1) y entre los 5 parámetros, obteniendo el mismo ponderado de la evaluación para cada uno. Al mismo tiempo, el valor asignado para cada uno de los criterios (0,2) se divide entre cada número de ítems que estos contengan.

- **Criterio Técnico – Ponderado 0,2**

- Tamaño de tamices.
- Velocidad angular.
- Golpes por minuto.
- Tamaño de mallas.
- Utilidad.
- Tipo de tamizado (húmedo o seco).

- **Criterio Mecánico – Ponderado 0,2**

- Confiabilidad.
- Vibraciones.
- Selección potencia.

- **Criterio de mercado – Ponderado 0,2**

- Disponibilidad.
- Costo.

- **Criterio de construcción – Ponderado 0,2**

- Manufactura.
- Selección de equipos

- **Criterio de mantenimiento – Ponderado 0,2**

- Diseño sencillo
- Disponibilidad de recursos.

La mejor alternativa de diseño se evaluará de manera porcentual (%) con una escala matemática, para ello se utilizarán 2 escalas de valoración:

Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
4	3	2	1

Esta valoración se asignará para los criterios descritos líneas arriba según la siguiente tabla.

Tabla 3.- escala de valoración.

Escala de valoración		
Criterios	Calificació n	Puntuació n
Técnicos De mercado	Deficiente	1
	regular	2
	Bueno	3
	excelente	4
Mecánicos de construcción de mantenimiento	Fácil	4
	Media	3
	Difícil	2
	Muy difícil	1

Elaboración propia.

PARAMETROS	Tamizadoras						
	Horizontal Superior	Vibratoria	Horizontal Inferior	Manual	Robótica	Chorro de aire	Ultrasonido
Técnicos. (0.029)							
Tamaño de tamices	4	4	4	4	4	2	4
Velocidad angular.	4	4	4	2	4	1	1
Golpes por minuto	4	3	4	2	4	1	1
Tamaño de mallas	4	2	4	4	4	1	4
Tipo de materiales	4	3	4	3	4	4	4
Tamizado en seco	4	4	4	4	4	4	4
Material seco	2	2	4	2	4	3	4
Subtotal sobre 28	26	22	28	21	28	16	22
Subtotal sobre 0,2	0,19	0,16	0,20	0,15	0,20	0,11	0,16
Mecánicos. (0.067)							
Disponibilidad de equipos	4	4	2	4	1	2	2
Vibraciones	2	3	1	4	1	0	0
Selección de componentes	3	3	2	4	1	2	0
Subtotal sobre 12	9	10	5	12	3	4	2
Subtotal sobre 0,2	0,15	0,17	0,08	0,20	0,05	0,07	0,03
Mercado. (0.1)							
Disponibilidad	2	4	2	0	2	3	2
Accesibilidad	2	2	2	0	1	2	1
Subtotal sobre 8	4	6	4	0	3	5	3
Subtotal sobre 0,2	0,10	0,15	0,10	0,00	0,08	0,13	0,08
Construcción. (0.1)							
Diseño.	3	4	3	0	1	2	1
Acceso a equipos.	3	3	2	0	1	2	1
Subtotal sobre 8	6	7	5	0	2	4	2
Subtotal sobre 0,2	0,15	0,18	0,13	0,00	0,05	0,10	0,05
Mantenimiento. (0.1)							
Diseño sencillo	3	4	3	0	2	2	2
Disponibilidad de recursos	4	4	3	0	1	3	1
Subtotal sobre 8	7	8	6	0	3	5	3
Subtotal sobre 0,2	0,18	0,20	0,15	0,00	0,08	0,13	0,08
Total con factor multiplicador	0,76	0,85	0,66	0,35	0,45	0,53	0,39
Total porcentual (%)	76	85	66	35	45	53	39

Figura 7.- matriz de ponderado de selección de diseño.

Análisis e interpretación de datos.

Según resultados de evaluación de la matriz se selecciona la tamizadora vibratoria con 85% con valoración con las siguientes características.

Características de la tamizadora

Tabla 4.- principales características de la tamizadora seleccionada para el diseño.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Diámetro de tamices	6" y 10"
oscilaciones	50 – 320 rpm
Malla de tamiz N° 32	40 μ m
Rotación de fase	10 rpm

Elaboración propia.

3.3.2 Calculo del modelo operativo.

Al seleccionar la mejor alternativa para la necesidad del laboratorio, se realizó un diseño preliminar de la tamizadora utilizando software CAD para posteriormente realizar el dimensionamiento con los parámetros de entrada mediante cálculo y selección de elementos electromecánicos.

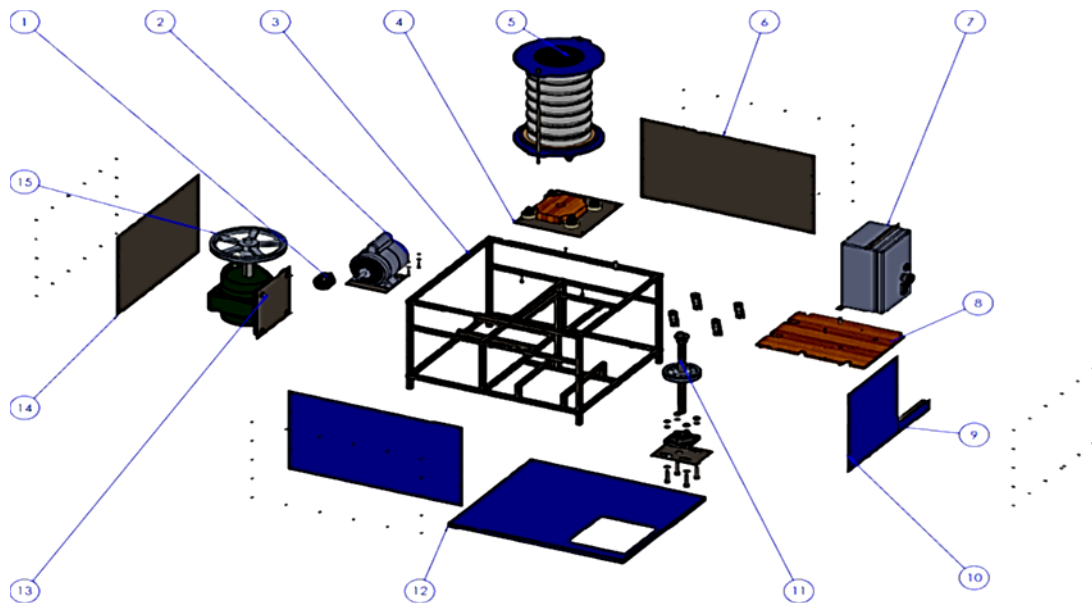


Figura 8.- vista detallada de los componentes de la maquina tamizadora.

a) Calculo del par torsor del soporte.

Para éste cálculo se debe determinar el par torsor al cual se encuentra sometido el soporte de los tamices y las cargas máximas, así como las fuerzas que mantienen estable el resorte. En

la siguiente figura se muestra en una vista de sección la posición de los resortes frente al deslizamiento de la mesa de los tamices que se une a la excéntrica y este al eje del sistema.

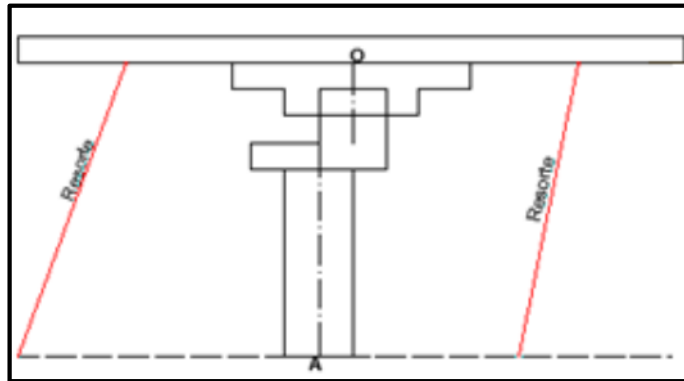


Figura 9.- soporte de tamices y el eje conducido.

Datos:

Soporte (m) = 12.82kg

Inercia (I) = 0.146 kg*m²

Velocidad angular (ω) = 276 rpm

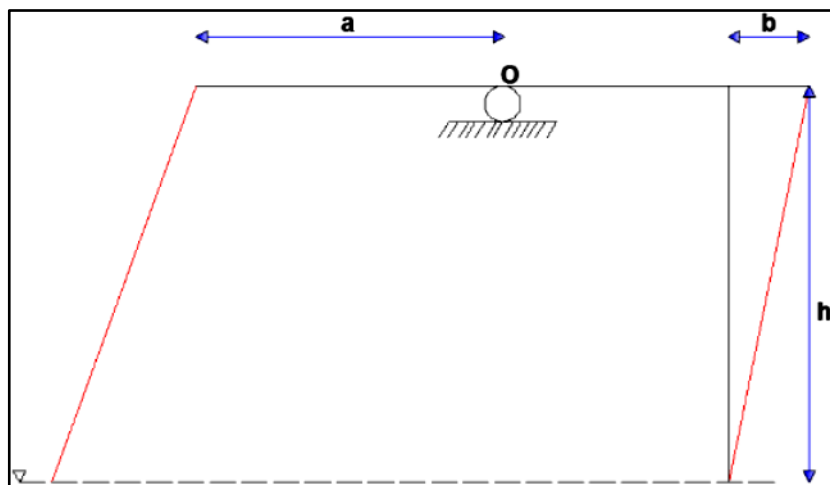


Figura 10.- diagrama de cuerpo libre.

Distancias:

$a = 83.2 \cdot 10^{-3} \text{m}$

$b = 12.7 \cdot 10^{-3} \text{m}$

$c = 12.7 \cdot 10^{-3} \text{m}$

$h = 0.1136 \text{ m}$

Elaboramos el diagrama de cuerpo libre del eje conducido.

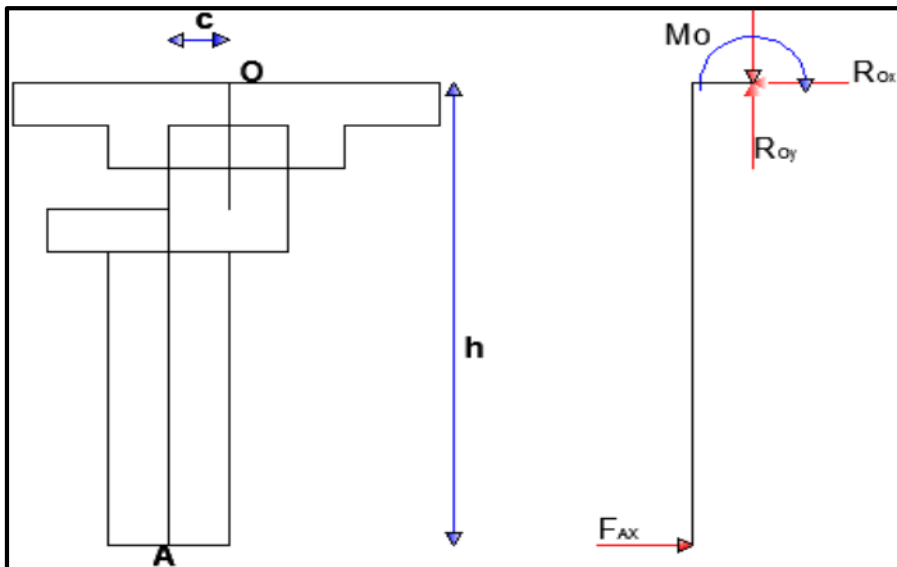


Figura 11.- diagrama de cuerpo libre del eje.

Cálculo del peso del soporte de tamices (W).

$$W = mg$$

$$W = (12.83)(9.81)$$

$$W = 125.86 \text{ N}$$

$$\Sigma M_O$$

$$M_o = Wc$$

$$M_o = (125.86)(12.7 \times 10^{-3})$$

$$M_o = 1.60 \text{ Nm}$$

Condición de equilibrio:

$$\sum MA = 0$$

$$R_{Ox} = \frac{Mo}{h} = \frac{1.60}{0.1136}$$

$$R_{Ox} = 14.07 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{Oy} = W$$

$$R_{Oy} = 125.86 \text{ N}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$F_{Ax} = R_{Ox}$$

$$F_{Ax} = 14.07 \text{ N}$$

b) Diagrama de cuerpo libre.

En la siguiente figura se muestra el DCL del soporte de tamices con las cargas generadas por la elongación del resorte en su desplazamiento máximo de trabajo.

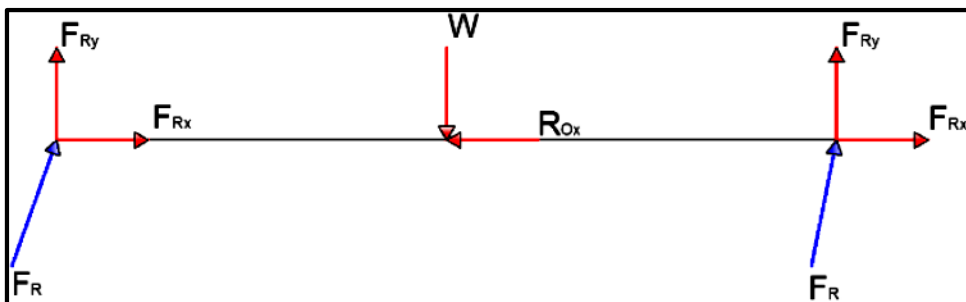


Figura 12.- diagrama de fuerzas del eje con el soporte.

c) Cálculo de los componentes de la fuerza del resorte.

En la realización del cálculo se toma como selección solo 1 punto en donde se coloca el resorte y este se multiplica por la cantidad de los mismos, a contar con las mismas distancias.

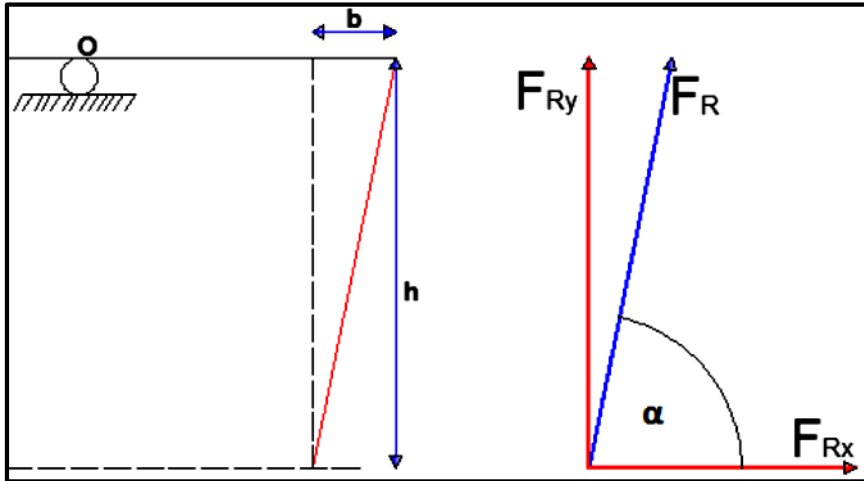


Figura 13.- descomposición de las fuerzas del soporte.

d) Determinación del ángulo de desplazamiento del resorte (α).

$$\alpha = \left(\frac{h}{b} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{(113.6)(10^{-3})}{(12.7)(10^{-3})} \right)$$

$$\alpha = 83.62^\circ$$

$$F_{Rx} = F_R \cos \alpha$$

$$F_{Ry} = F_R \sin \alpha$$

e) Determinación de la longitud de elongación del resorte (LFR).

$$L_{FR} = \sqrt{h^2 + b^2}$$

$$L_{FR} = \sqrt{((113.6)(10^{-3}))^2 + ((12.7)(10^{-3}))^2}$$

$$L_{FR} = (115.04)(10^{-3})$$

$$X = L_{FR} - L$$

$$X = (114.30)(10^{-3}) - (100)(10^{-3})$$

$$X = (14.30)(10^{-3})$$

f) Condición de equilibrio.

$$\sum Fy = 0$$

$$F_{Ry} = \frac{W}{2} = \frac{125.86}{2}$$

$$F_{Ry} = 62.93$$

$$\sum Fx = 0$$

$$F_{Rx} = \frac{F_{Ox}}{2} = \frac{14.07}{2}$$

$$F_{Rx} = 7.035$$

g) Comprobación de cálculo.

De la ecuación F_{Rx} , despejamos FR, tenemos

$$F_R = \frac{F_{Rx}}{\cos \alpha} = \frac{7.035}{\cos 83.62^\circ} \quad F_R = \frac{F_{Ry}}{\sin \alpha} = \frac{62.93}{\sin 83.62^\circ}$$

$$F_R = 63.308 \cong F_R = 63.308$$

$$\therefore F_R = 63.308$$

h) Cálculo de la constante de rigidez del resorte (k).

De la ecuación

$$F_R = 2kx$$

Despejamos k:

$$k = \frac{F_R}{2x} = \frac{63.32}{(2)(14.30)(10^{-3})}$$

$$k = 2.21 \text{ kN/m}$$

Con este resultado de la constante de rigidez (k) seleccionamos el resorte. En el Anexo 3 se indican las características a tomar en cuenta para la selección.

Especificaciones	
Constante de Rigidez	2.21 N/mm
Diámetro Externo	34.493 mm
Calibre del alambre	2.489 mm
Carga	202.161 N
Longitud inicial	109.982 mm
Número de espiras	5.5
Numero de vueltas	7.5

Figura 11.- especificaciones del resorte.

3.3.3 Determinación de la potencia mecánica del sistema.

a) Aceleración angular (a).

Según la cinemática rotacional se tiene.

$$w_f = w_i + at$$

Dónde:

w : Velocidad angular en rad/s y

t : Tiempo de arranque del motor (s).

$$w_f = 276 \frac{rev}{min} = 28.9 \frac{rad}{s}$$

$$t = 0.32 s$$

Si el sistema parte del reposo w_i entonces es 0. Se despeja α :

$$\alpha = \frac{w_f}{t} = \frac{28.9}{0.32}$$

$$\alpha = 90.31 \frac{rad}{s^2}$$

b) Calculo del par torsor (τ).

Se tiene:

$$\sum \tau = I\alpha + Fd$$

$$\tau = I \alpha + 2(F_{RX} a)$$

Dónde:

I : Inercia del soporte con tamices

α : Aceleración angular del sistema

F_{RX} : Fuerza del resorte en x

a : Distancia entre el origen y el resorte.

$$\tau = (0.15)(90.3) + 2((7.04)(83)(10^{-3}))$$

$$\tau = 14.5 Nm$$

c) Potencia dl motor (PM).

$$P_M = \frac{\tau(Nm)W(rpm)}{9550} (kW)$$

$$PM = 0.42 (kW) = 0.56 Hp \cong (2 a 4 Hp)$$

3.3.4 Selección de la transmisión.

El sistema de transmisión se aplicará por correas, que fue la opción alternativa más correcta en la realización de matriz de selección ponderada:

Datos

Velocidad de rotación (n2) = 276 rpm

Potencia del motor (PM) = ½ a ¾ Hp.

a) Relación de transmisión de velocidad (k).

Según características del motor eléctrico la velocidad de conducción n₁ se tomará de 1750 rpm.

(Mott, 2006), en la relación de transmisión se tomará:

$$k = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Dónde:

$$D_1 = kD_2$$

$$D_1 = (6)(60)$$

$$D_1 = 360 mm$$

Al ser el de mayor diámetro la polea motriz se empleará un reductor de velocidad.

b) Selección del reductor de velocidad.

La relación de transición $k = 6$ se empleó para hallar la dimensión del reductor de velocidad a usar; sin embargo, al no haber en el mercado local estas relaciones de velocidades se optó por seleccionar una proporción de 12.7 con UNA SALIDA DE 138 rpm implicando que el sistema será el de un múltiplo de velocidad.

Reductor de velocidad DODGE MASTER XL	Proporción 12.7					
	Entrada de rpm 1750					
	Datos de calificación	Velocidad de salida	Salida de torque	Potencia de salida (Max.)	Potencia de entrada (Max.)	Sobrecarga del eje de salida
	S. Ingles	138 rpm	257 lb-in	0.56 HP	0.69 HP	385
	S.I.	14.45 rad/s	29.04 Nm	0.42 kW	0.51 kW	
	Tamaño de marco 56C					
Número de parte M60803						

Figura 12.- datos del reductor de velocidad.

Los valores finales serán: $n_1 = 138$ rpm, $n_2 = 276$ rpm

$$k = \frac{n_1}{n_2} = \frac{138}{276}$$

$$k = \frac{1}{2}$$

Se define porque es un multiplicador de velocidad, siendo la unidad de relación menor. el resultado obtenido del sistema de transmisión tiene una relación de proporción de 12:7.

3.3.5 Dimensiones de bandas y poleas.

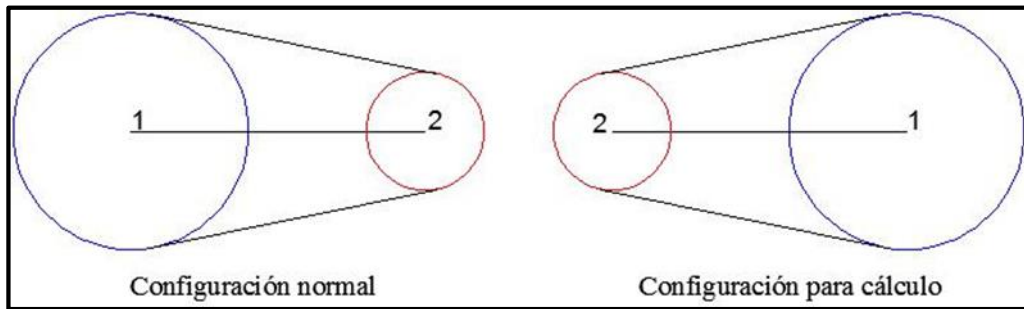


Figura 13.- diseño de la posición de las poleas.

Tabla 5.- valores calculados de las poleas.

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Potencia mecánica	PM	0.42	kW
Velocidad de entrada	n1	138	Rpm
Velocidad de salida	N2	276	Rpm

Elaboración propia.

a) Potencia corregida (PC)

$$P_C = P_M C_c$$

Coefficiente de corrección (Cc) = 1.1

$$P_C = (0.42)(1.1)$$

$$P_C = 0.462 \text{ kW}$$

b) Selección De Correa

$$P_C = 0.462 \text{ kW y } n_2 = 276 \text{ rpm}$$

Correa Tipo A.

c) Diámetro (D2) de la polea.

Diámetro de la polea menor = 125mm.

d) Relación de transmisión.

$$k = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Despejando para D_1

$$D_1 = D_2 \frac{n_2}{n_1} = 125 \frac{276}{138}$$

$$D_1 = 250 \text{ mm}$$

e) Longitud primitiva de las correas.

Si las separaciones entre los ejes C no se encuentran definidos según las limitaciones del equipo se puede acercar mediante la siguiente relación.

Si $1 > k < 3$ entonces

$$c \geq \frac{(k + 1)D_2}{2} + D_2$$

Con $k = 2$

$$c \geq \frac{(2 + 1)(125)}{2} + 125$$

f) Longitud de la correa (L_p).

$$L_p = \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + 2C + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4C}$$

$$L_p = \frac{\pi}{2}(250 + 125) + (2)(312.5) + \frac{(250 - 125)^2}{(4)(312.5)}$$

$$L_p = 1226.55 \text{ mm}$$

Según la longitud calculada el tipo de correo seleccionada es el de tipo a47.

g) Nueva distancia entre centros (Cst).

$$Cst = M + \sqrt{M^2 - N}$$

$$M = \frac{Lp_{st}}{4} - \frac{\pi}{8}(D_1 + D_2)$$

$$M = \frac{1233}{4} - \frac{\pi}{8}(250 + 125)$$

$$M = 160.99 \text{ mm}$$

$$N = \frac{(D_1 - D_2)^2}{8}$$

$$N = \frac{(250 - 125)^2}{8}$$

$$N = 1953.125 \text{ mm}$$

Reemplazando tenemos:

$$Cst = 160.99 + \sqrt{160.99^2 - 1953.125}$$

$$Cst = 315.8 \text{ mm}$$

h) Distancia entre centros.

$$Lp_{st} > Cst \cong c + \frac{Lp_{st} - Lp}{2}$$

$$315.8 \cong 312.5 + \frac{1233 - 1226.55}{2}$$

$$315.8 \cong 315.725 \text{ O.k.}$$

i) Longitud de banda.

$$Lp_{st} \cong Lp_{st_2} = \frac{\pi}{2}(D_1 - D_2) + 2Cst + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4Cst}$$

$$1230 \cong Lp_{st_2} = \frac{\pi}{2}(250 - 125) + (2)(315.8) + \frac{(250 - 150)^2}{(4)(315.8)}$$

$$1230 \cong Lp_{st_2} = 1233.018 \quad O.K.$$

j) Angulo entre ramales (β).

$$2\beta = \left(\frac{D_1 - D_2}{2 Cst} \right)$$

$$2\beta = \left(\frac{250 - 125}{2 (315.8)} \right)$$

$$2\beta = 22.83^\circ$$

$$\beta = 11.415^\circ$$

$$\beta = 0.2 \text{ rad}$$

k) Angulo entre ramales (γ).

$$\gamma = 180 - 2\beta$$

$$\gamma = 180 - 22.83$$

$$\gamma = 157,17$$

$$\gamma = 2.743 \text{ rad}$$

l) Potencia de banda (Pa).

$$Pa = (Pb + Pd) Cy Cl$$

calculo de Pb	0.848 kW
calculo de Pd	0.048 kW
Factor de corrección Cy	0.938

Reemplazando:

$$Pa = (0,848 + 0,048) (0,938) (0,932)$$

$$Pa = 0.783 \text{ kW}$$

m) Coeficiente de tracción (φ).

$$\varphi = \frac{m - 1}{m + 1}$$

$$m = e^{\mu\gamma(\text{rad})}$$

Reemplazando

$$\varphi = \frac{11.8 - 1}{11.8 + 1}$$

$$\varphi = 0.844$$

n) Velocidad periférica de las correas (v).

$$V = \frac{D_2 n_2 \pi}{60000}$$

$$V = \frac{D_2 n_2 \pi}{60000}$$

$$V = 18 \frac{m}{S}$$

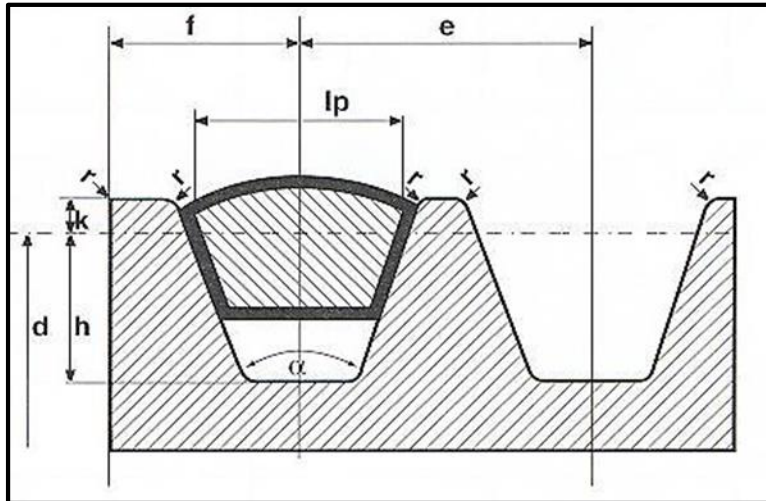


Figura 14.- dimensiones y perfil de la polea.

Las dimensiones de la correa se indican en la siguiente tabla.

SECCIÓN	a (mm)	s (mm)	lp (mm)
Z	10	6	8.5
A	13	8	11
B	17	11	14
C	22	14	19
D	32	19	27
E	40	25	32

The diagram shows a trapezoidal cross-section of a belt with a top width 'a', a bottom width 's', and a length 'lp'. The top edges are at a 50-degree angle to the horizontal.

Figura 15.- dimensiones de la polea.

Las dimensiones definidas para la forma de la polea, se muestran en la siguiente figura.

	lp (mm)	k (mm)	h (mm)	e (mm)	f (mm)	$\Delta\alpha$
Z	8,5	2,5	7	12 ± 0,3	8 ⁺¹ ₋₁	± 1°
A	11	3,3	8,7	15 ± 0,3	10 ⁺² ₋₁	± 1°
B	14	4,2	10,8	19 ± 0,4	12,5 ⁺³ ₋₁	± 1°
C	19	5,7	14,3	25,5 ± 0,5	17 ⁺⁴ ₋₁	± ½ °
D	27	8,1	19,9	37 ± 0,6	24 ⁺⁵ ₋₁	± ½ °
E	32	9,6	23,4	44,5 ± 0,7	29 ⁺⁶ ₋₁	± ½ °

Figura 16.- dimensiones de la correa.

En la siguiente figura se visualiza el área de la correa (A).

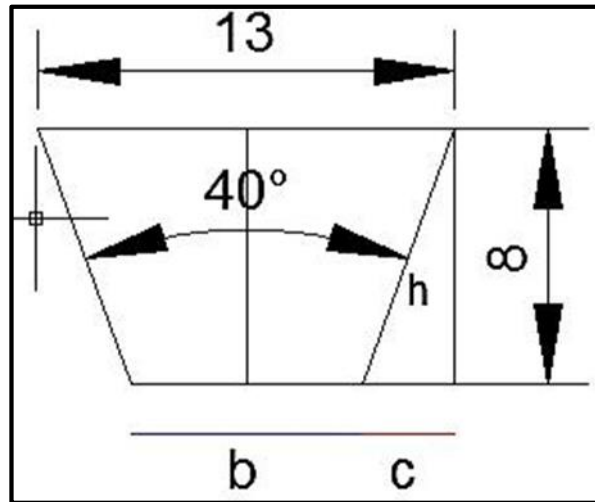


Figura 17.- dimensiones de la correa tipo A.

DÓnde:

a: base mayor

b: base menor

S: espesor

Lp: Ancho primitivo.

$$c = (8)(\tan 20^\circ)$$

$$c = 2.91 \text{ mm}$$

$$b = 13 - 2c$$

$$b = 13 - (2)(2.9)$$

b = 7.2 mm Reemplazando del área de selección de fajas

$$A = \frac{(13 + 7.2)(8)}{2}$$

$$A = 80.8 \text{ mm}^2$$

$$A = (80.8)(10^{-6})\text{m}^2$$

o) Tensión en la polea conducida (T2).

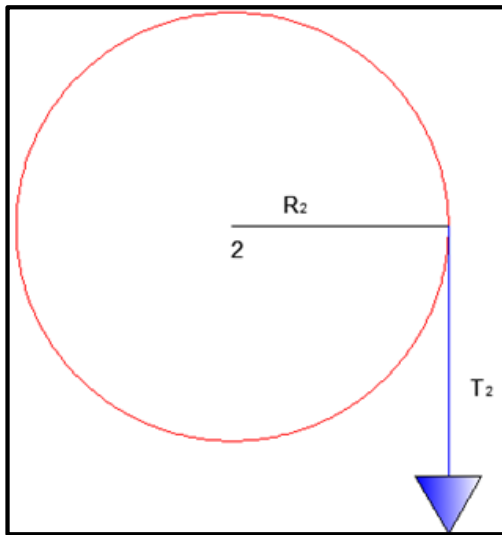


Figura 18.- tensión de la polea.

$$T = T_2 R_2$$

DÓNde:

T: Torque

R2: Radio de la polea conducida

$$T_2 = \frac{T}{R_2} = \frac{14.5}{\left(\frac{125}{2000}\right)}$$

$$T_2 = 232.6 \text{ N}$$

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6.- medidas calculadas de las poleas y bandas.

Polea motriz	Diámetro: 250mm
Polea conducida	Diámetro: 125mm
Tensión de la polea conducida (T2)	232.6N

Elaboración propia.

3.3.6 Esfuerzos de banda.

$$T_o = 500 \left(\frac{ft - C\gamma}{C\gamma} \right) \left(\frac{P_M C_C}{Q_V} \right) + \rho V^2$$

Dónde:

ft: Factor de tensado (2.5)

ρ : perfil de la correa.

Perfiles	Normales (clásicos)				
	Z	A	B	C	D
ρ (kg/m)	0.06	0.11	0.20	0.33	0.68
Perfiles	Estrechos				
	SPZ	SPA	SPB	SPC	
ρ (kg/m)	0.07	0.12	0.21	0.36	

Figura 22.- masa de la correa por metro de longitud según el tipo de perfil.

Reemplazando

$$T_o = (500) \left(\frac{2.5 - 0.93868}{0.93868} \right) \left(\frac{(0.42)(1.1)}{(1)(1.8)} \right) + (0.11)(1.8^2)$$

$$T_o = 213.815 \text{ N}$$

a) Esfuerzo debido a la flexión.

$$\sigma_{FLEXIÓN1} = \frac{S}{D_2} E_{flex}$$

E_{flex} = Modulo de Young 33.6 MPa

$$\sigma_{FLEXIÓN1} = \frac{8}{(125)(10^{-3})} (33.6)$$

$$\sigma_{FLEXIÓN1} = 2.15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FLEXIÓN2} = k\sigma_{FLEXIÓN1}$$

$$\sigma_{FLEXIÓN2} = (2)(2.15)$$

$$\sigma_{FLEXIÓN2} = 4.3 \text{ MPa}$$

b) Tensiones en los puntos diferentes.

Puntos de mayor importancia son:

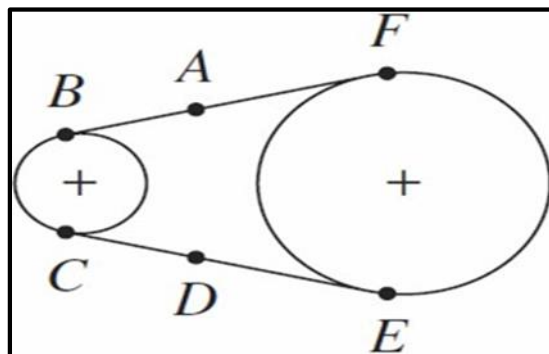


Figura 19.- representación de los puntos de esfuerzo de la polea y correa.

Se puede apreciar a continuación la representación de las bandas ignorando las tensiones por flexión sobre las poleas.

$$\text{Punto A} = \text{Punto B-} = \sigma_O - \sigma_F + \sigma_V$$

$$\text{Punto A} = \text{Punto B-} = 2.65 - 1.4 + 0.004$$

$$\text{Punto A} = \text{Punto B-} = 1.21 \text{ MPa}$$

$$\text{Punto B+} = \sigma_O - \sigma_F + \sigma_V + \sigma_{FLEXIÓN1}$$

$$\text{Punto B+} = 2.7 - 1.4 + 0.004 + 2.2$$

$$\text{Punto } B^+ = 3.31 \text{ MPa}$$

$$\text{Punto } C^- = \sigma O + \sigma F + \sigma V + \sigma \text{FLEXIÓN}$$

$$\text{Punto } C^- = 2.7 + 1.4 + 0.004 + 2.2$$

$$\text{Punto } C^- = 6.25 \text{ MPa}$$

$$\text{Punto } C^+ = \text{Punto } D = \text{Punto } E^- = \sigma O + \sigma F + \sigma V$$

$$\text{Punto } C^+ = \text{Punto } D = \text{Punto } E^- = 2.7 + 1.4 + 0.004$$

$$\text{Punto } C^+ = \text{Punto } D = \text{Punto } E^- = 4.09 \text{ MPa}$$

$$\text{Punto } E^+ = \sigma O + \sigma F + \sigma V + \sigma \text{FLEXIÓN}2$$

$$\text{Punto } E^+ = 2.7 + 1.4 + 0.004 + 4.3$$

$$\text{Punto } E^+ = 8.39 \text{ MPa}$$

$$\text{Punto } F^- = \sigma O - \sigma F + \sigma V + \sigma \text{FLEXIÓN}2$$

$$\text{Punto } F^- = 2.7 - 1.4 + 0.004 + 4.3$$

$$\text{Punto } F^- = 5.51 \text{ MPa}$$

$$\text{Punto } F^+ = \sigma O - \sigma F + \sigma V$$

$$\text{Punto } F^+ = 2.7 - 1.4 + 0.004$$

$$\text{Punto } F^+ = 1.21 \text{ MPa}$$

c) Longitudes en los diferentes puntos.

$$CE = FB = d = Cst \left(1 - \frac{\beta^2}{2} \right)$$

$$CE = FB = d = (315.8) \left(1 - \frac{(0.2)^2}{2} \right)$$

$$CE = FB = d = 309.484 \text{ mm}$$

$$CD = DE = FA = AB = \frac{d}{2}$$

$$CD = DE = FA = AB = \frac{309.484}{2}$$

$$CD = DE = FA = AB = 154.742 \text{ mm}$$

$$CD = DE = FA = AB = 154.742 \text{ mm}$$

$$BC = \frac{125}{2} (\pi - 2 * 0.2)$$

$$BC = 171.35 \text{ mm}$$

$$EF = \pi \frac{D_1}{2} + 2\beta \frac{D_1}{2} = \frac{D_1}{2} (\pi + 2\beta)$$

$$EF = \left(\frac{250}{2} \right) (\pi + (2)(0.2))$$

$$EF = 442.7 \text{ mm}$$

Resumiendo:

Tabla 7.- cálculo de los puntos de esfuerzo.

Puntos de cálculo	Longitud (mm)
A	0 EF 442.7
B	154.74
C	326.1
D	480.83
E	635.58
F	1078.28
A	1233

Elaboración propia.

Diagrama de tensiones vs longitud.

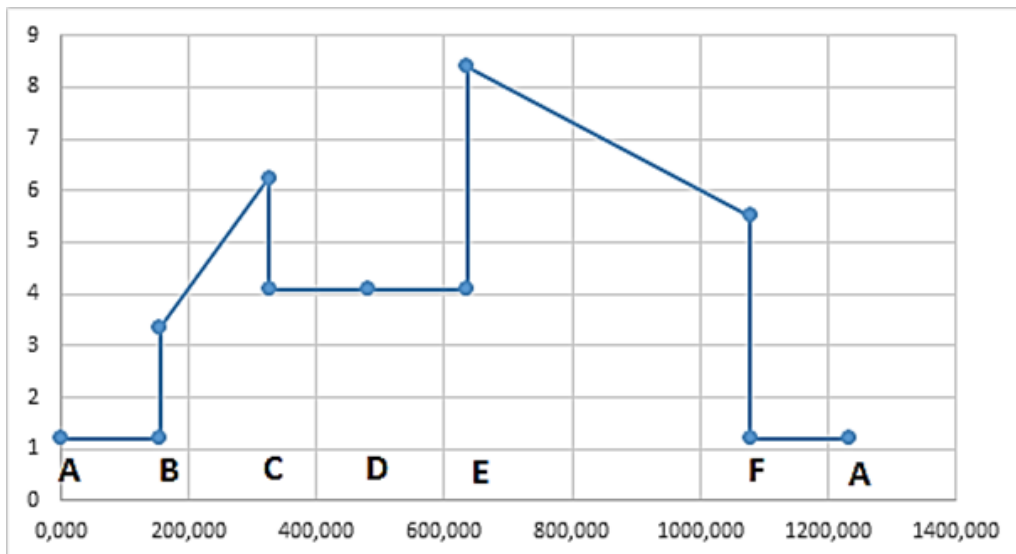
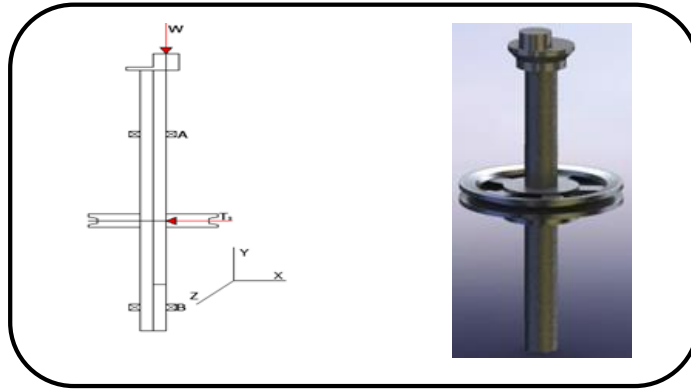


Figura 24.- puntos de tensión de la banda en V.

Los resultados de los esfuerzos más importantes en la banda, se puede observar a continuación.

d) Momento flector del eje conducido.

El eje conducido con sus componentes y como se ven los diseños en una vista isométrica.



Separamos la sección A y B para determinar el momento flector máximo del eje conducido.

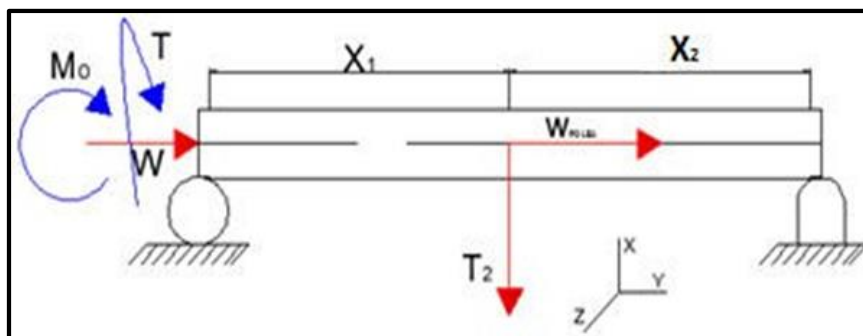


Figura 21.- diagrama del eje conducido.

Diagrama de cuerpo libre.

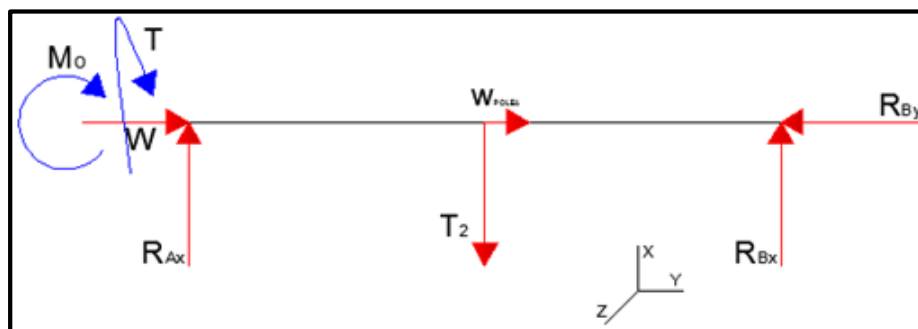


Figura 22.- diagrama de fuerzas.

Datos:

Masa de la puela (mp)	=	0.476 kg
Peso de los tamices (W)	=	125.86 N
Torque	=	14.54 Nm
Tensión de la puela (T2)	=	232.64 N
Momento en O (MO)	=	1.60 Nm

$$\begin{aligned} X1 &= 79.2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ X2 &= 170 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

e) Ecuaciones de equilibrio.

$$\sum MB = 0$$

$$R_{AX} = \frac{T_2 x_2 - M_O}{x_1 + x_2}$$

$$R_{AX} = \frac{(232.64)(170)(10^{-3}) - 1.60}{(79.2)(10^{-3}) + (170)(10^{-3})}$$

$$R_{AX} = 152.28 \text{ N}$$

$$\sum MA = 0$$

$$R_{BX} = \frac{T_2 x_1 - M_O}{x_1 + x_2}$$

$$R_{BX} = \frac{(232.64)(79.2)(10^{-3}) - 1.60}{(79.2)(10^{-3}) + (170)(10^{-3})}$$

$$R_{BX} = 80.37 \text{ N}$$

Comprobación $T2 = R_{Ax} + R_{Bx}$

$$T2 = 152.28 + 80.37$$

$$T2 = 232.65 \text{ N} \cong 232.64 \text{ N} \therefore O.K.$$

$$\sum FY = 0$$

$$RBy = W + mp g$$

$$RBy = 125.86 + (0.476)(9.8)$$

$$RBy = 130.53 \text{ N}$$

Se inicia representando el diagrama cortante, ya que estas fuerzas sometidas son conocidas como indica la siguiente figura.

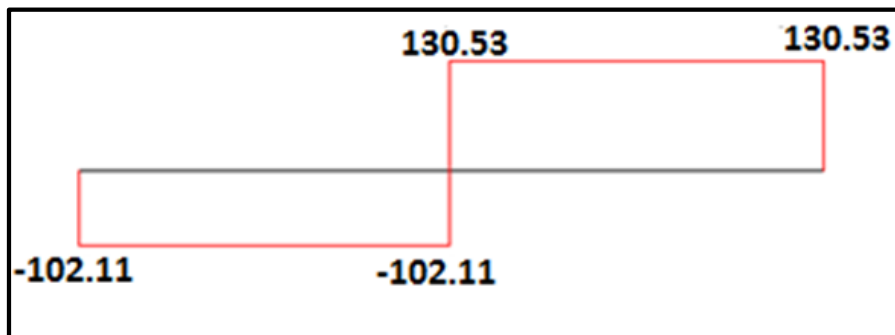


Figura 23.- diagrama de cortante.

Máximo momento flector (M_{max}).

$$M_{max} = RBx \times 2$$

$$M_{max} = (80.37)(170)(103)$$

$$M_{max} = 13.66 \text{ Nm}$$

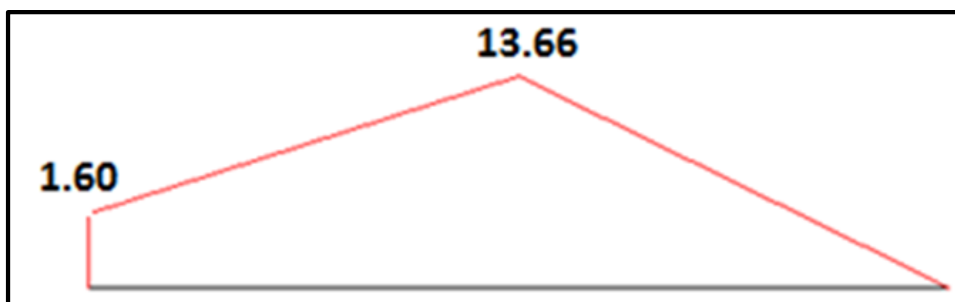


Figura 24.- diagrama de momentos.

f) Factor de seguridad.

Como se indican en las fórmulas del sistema inglés del Shigley se procederá al cambio de valores. Ya que se quiere buscar el factor de seguridad la cual no perjudique el cambio de unidades.

El movimiento del eje conducido al soporte se desarrolla con un acero AISI 1010 que se encuentran especificadas las características.

ACERO AISI 1010 Laminado en caliente (HR)		
Resistencia a la tensión	Sut	320 MPa (47 kpsi)
Resistencia a la fluencia	Sy	180 MPa (26 kpsi)
Dureza Brinell	Bhn	95
Módulo de elasticidad	E	210 GPa (30*106psi)

Figura 25.- especificaciones de resistencias mínimas a la tensión y la fluencia ASTM.

Dimensiones de diseño:

Datos:

- Diámetro mayor (D) = 50.8*10⁻³ m 2 pulg
- Diámetro menor (d) = 25.4*10⁻³ m 1 pulg
- Radio de entenalle (r) = 1.27*10⁻³ m 0.05 pulg

g) Momento alterante (Ma).

$$M_a = \sqrt{M_O^2 + M_F^2}$$

Dónde:

MO: Momento en el punto O

MF: Momento flector.

$$M_a = \sqrt{1.60^2 + 13.66^2}$$

$$M_a = 13.75 Nm$$

$$M_a = 121,70 lb * pulg$$

h) Par de torsión medio (Tm).

$$T_m = \frac{T}{2}$$
$$T_m = \frac{14.54}{2}$$

$$T_m = 7.27 \text{ Nm}$$

$$T_m = 64.34 \text{ lb} * \text{pulg}$$

i) Factores de concentración del esfuerzo.

$$\frac{D}{d} \text{ y } \frac{r}{d}$$

$$\frac{D}{d} = \frac{2}{1} \quad \text{y} \quad \frac{r}{d} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{D}{d} = 2 \quad \text{y} \quad \frac{r}{d} = 0.05$$

Se obtiene.

$$K_t = 2.2$$

$$K_{ts} = 1.76$$

$$Q = 0.65$$

$$Q_{\text{cortante}} = 0.97$$

j) Factores de concentración del esfuerzo por fatiga (Kf y Kfs).

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + (0.65)(2.2 - 1)$$

$$Kf = 1.78$$

$$Kfs = 1 + qcortante (Kts - 1)$$

$$Kfs = 1 + (0.97)(1.76 - 1)$$

$$Kfs = 1.737$$

k) Línea de resistencia (S'e).

$$s'_e = \{0.5S_{ut} \rightarrow S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \quad 100 \text{ kpsi} \rightarrow S_{ut} > 200 \text{ kpsi } 70 \text{ MPa} \\ \rightarrow S_{ut} > 1400 \text{ MPa}$$

$$\therefore s'_e = 0.5S_{ut}$$

$$s'_e = 0.5(47)$$

$$s'_e = 23.5 \text{ kpsi}$$

l) Factor de superficie (ka).

$$ka = a S_{ut}^b$$

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

Figura 26.- parámetros del factor superficial de Marin.

$$ka = (14.4)(47)^{0.718}$$

$$ka = 0.907$$

m) Factor de tamaño (kb).

$$k_b = \left\{ \left(\frac{d}{0.3} \right)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} \rightarrow 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \right. \\ \left. 0.91d^{0.157} \rightarrow 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \right.$$

$$d = 1 \text{ pulg} \therefore k_b = 0.89d^{-0.107}$$

$$k_b = (0.89)(1^{-0.107})$$

$$k_b = 0.88$$

n) Factor de temperatura (kc)

$$k_c = \{ 1 \text{ flexión } 0.85 \quad \text{axial } 0.59 \quad \text{torsión} \}$$

$$k_c = 0.59$$

o) Factor de temperatura (kd)

$$kd = 0.98 + (0.43)(103)TF - (0.12)(105)TF^2 + (0.104)(108)TF^3 \\ - (0.595)(1012)TF^4$$

$$TF = 200^\circ F$$

$$kd = 0.98 + (0.43)(103)(200) - (0.12)(105)(200^2) + (0.104)(108)(200^3) \\ - (0.595)(1012)(200^4)$$

$$kd = 1.023$$

p) Factor de confiabilidad (ke)

$$ke = 1 - 0.08Z_a$$

Confiabilidad %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.73
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Figura 27.- factores de confiabilidad.

$$\therefore k_e = 1 - (0.08)(2.326)$$

$$k_e = 0.81$$

q) Factor de efectos varios (kf)

$$k_f = 1$$

r) Límite de resistencia a la fatiga (Se)

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

$$S_e = (0.907)(0.879)(0.59)(1.023)(0.814)(1)(23.5)$$

$$S_e = 9.2 \text{ kpsi}$$

s) Factor de seguridad para el criterio ED-Goodman

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(k_f M_a)^2 + 3(k_{fs} T_a)^2 \right]^{0.5} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(k_f M_m)^2 + 3(k_{fs} T_m)^2 \right]^{0.5} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi 1^3} \left\{ \frac{[4((1.78)(121.70))^2]^{0.5}}{(9.2)(10^{-3})} + \frac{[3((1.737)(64.34))^2]^{0.5}}{(47)(10^{-3})} \right\}$$

$$n = 3.8$$

t) Cálculo de esfuerzos (σ'_a y σ'_m)

$$\sigma'_a = \left[\left(\frac{32 k_f M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16 k_{fs} T_a}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$\sigma'_a = \left[\left(\frac{(32) * (1.78)(121.70)}{\pi 1^3} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$\sigma'_a = 2206.53 \text{ Psi}$$

$$\sigma'_m = \left[\left(\frac{32 k_f M_m}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16 k_{fs} T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$\sigma'_m = \left[3 \left(\frac{(16) * (1.737)(64.34)}{(\pi)(1^3)} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$\sigma'_m = 985.85 \text{ Psi}$$

u) Criterio de falla de Goodman

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{2206.53}{(9.2)(10^3)} + \frac{985.85}{(47)(10^3)}$$

$$n = 3.83$$

v) **Esfuerzo máximo de Von-Mises (σ'_{max}).**

$$\sigma'_{max} = \left[\left(\frac{32k_f(M_m + M_a)}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16 k_{fs}(T_m + T_a)}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$\sigma'_{max} = \left[\left(\frac{(32)(1.78)(121.70)}{\pi 1^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{(16)(1.737)(64.34)}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$\sigma'_{max} = 2416.75 \text{ Psi}$$

w) **Verificación del esfuerzo máximo (n_y)**

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma'_{max}}$$

$$n_y = \frac{(26)(10^3)}{2416.75}$$

$$n_y = 10.75$$

x) **Verificación rápida**

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma'_a + \sigma'_m}$$

$$n_y = \frac{(26)(10^3)}{2206.53 + 985.85}$$

$$n_y = 8.14$$

Valor conservador en comparación $n_y=10.8$

3.3.7 Diseño de la chaveta.

Datos:

Diámetro del eje motriz (d) =	25 mm	0.984 pulg.
Torque (T) =	14.75 Nm	121.70 lb*pulg.
Material del eje AISI 1020		
Resistencia a la fluencia (Sy) =	180 MPa	26 kpsi

a) Dimensiones de la chaveta en función del diámetro del eje.

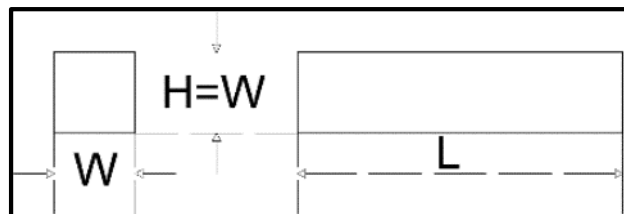
Tamaño nominal del eje:

$$\frac{7}{8} \text{ a } 1\frac{1}{4} \text{ de pugada}$$

Tamaño nominal de la cuña que se indica en la Figura siguiente

$$\text{Ancho (w)} = \frac{1}{4}$$

$$\text{Alto (H)} = \frac{1}{4}$$



El acero que se usará será el AISI 1006 ya que tiene una resistencia de fluencia es menor que el eje que va a la chavera.

ACERO AISI 1006 Laminado en caliente (HR)		
Resistencia a la tensión	Sut	300 MPa (43 kpsi)
Resistencia a la fluencia	Sy	170 MPa (24 kpsi)
Dureza Brinell	Bhn	86

Figura 28.- descripción del acero AISI 1006.

Longitud mínima

$$L = \frac{4NT}{DWS_Y}$$

Dónde:

N: Factor para aplicaciones industriales típicas

$$L = \frac{(4)(3)(121.7)}{(0.984)\left(\frac{1}{4}\right)(24 * 10^3)}$$

$$L = 0.25 \text{ pulg.}$$

Para un mejor cálculo se selecciona la longitud de mayor tamaño.

$$\therefore L_R = \frac{3}{4} > L = \frac{1}{4}$$

LR: Longitud real

S: Profundidad del chavetero en el eje.

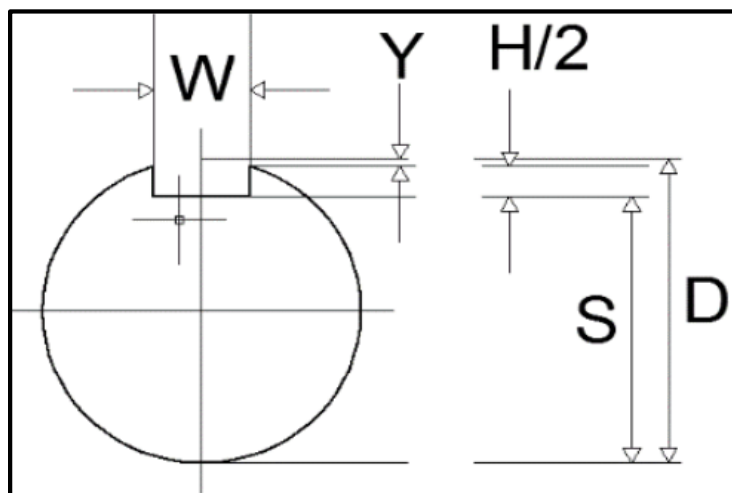


Figura 29.- profundidad del chavetero en el eje.

$$S = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$

$$S = \frac{0.984 - \frac{1}{4} + \sqrt{0.984^2 - \left(\frac{1}{4}\right)^2}}{2}$$

$$S = 0.843 \text{ pulgadas}$$

Profundidad del chavetero (T).

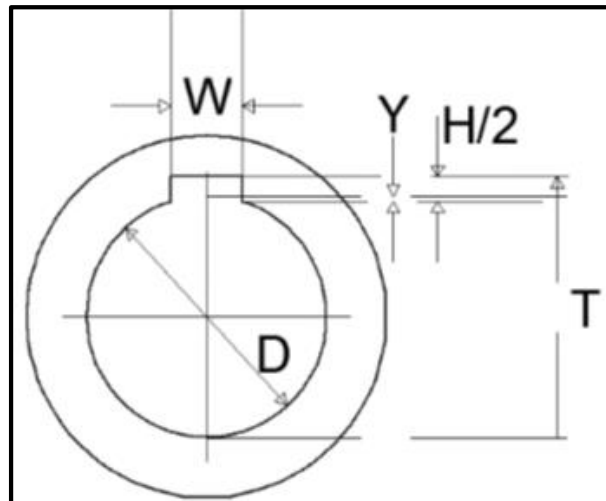


Figura 30.- profundidad del chavetero en tu cubo.

$$T = \frac{D + H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} + C$$

Descripción:

C: Holgura para chavetas paralelas = 0.005 pulg.

$$T = \frac{0.984 + \frac{1}{4} + \sqrt{0.984^2 - \frac{1}{4}}}{2}$$

$$T = 1.098 \text{ pulgadas}$$

Altura de la cuerda (Y)

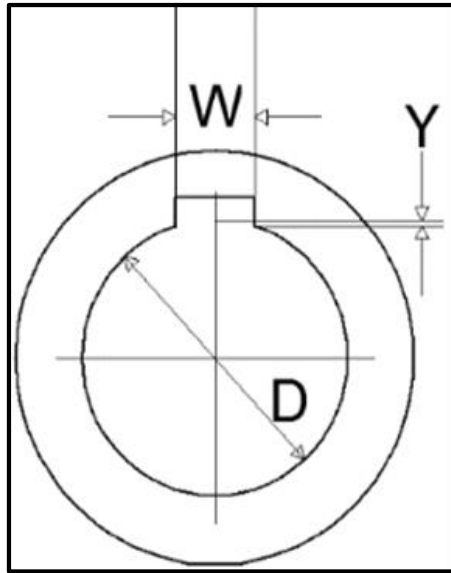


Figura 31.- altura de la cuerda.

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$

$$Y = \frac{0.98425 - \sqrt{0.98425^2 - \frac{1^2}{4}}}{2}$$

$$Y = 0.016 \text{ pulgadas}$$

En la siguiente tabla se observa la transformación de unidades en el SI de la chaveta que será el más importante en el diseño.

Tabla 8.- resumen sobre los cálculos del diseño de la chaveta.

Detalle	Pulg.	mm
Altura de la chaveta (H)	¼	6.35
Ancho en función del diámetro del eje (W)	¼	6.35
Profundidad del chavetero en el eje (S)	0.84	21.42
Profundidad del chavetero en el cubo (T)	1.099	27.9
Altura de la cuerda (Y)	0.016	0.41

Elaboración propia.

3.3.8 Selección de rodamientos.

Según el catalogo SKF utilizaremos el rodamiento más adecuado para el eje. Teniendo en cuenta los parámetros obtenidos anteriormente se opta por un rodamiento rígido de una hilera de bolas.

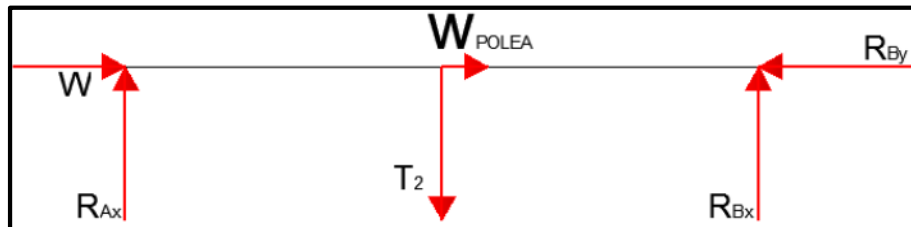


Figura 32.- diagrama de cuerpo libre.

Datos:

Peso del soporte de tamices (W)	=	125.86 N
Reacción en A x (R _{Ax})	=	152.28 N
Tensión de la polea (T ₂)	=	232.64 N
Peso de la polea conducida (W conducida)	=	4.67 N
Reacción en B x (R _{Bx})	=	80.37 N
Reacción en B y (R _{By})	=	130.53 N
Potencia mecánica (PM)	=	0.42 kW (0.56 HP)
Número de revoluciones (n ₂)	=	276 rpm

a) Vida nominal del rodamiento (L_{hn})

El tiempo de vida útil o nominal de los rodamientos necesarios para el correcto funcionamiento son de 8000 – 12000 horas de trabajo según el fabricante (SKF, 2006).

Para los cálculos requeridos se tendrá en cuenta la duración de 12000 horas.

b) Rodamiento A

Carga estática equivalente (P_o)

$$P_o = 0.6F_{rA} + 0.5F_{aA}$$

Dónde:

FrA (RAx): Carga radial real del rodamiento en kN

FaA (W): Carga axial real del rodamiento en kN.

$$P_o = 0.6 * 0.152 + 0.5 * 0.126$$

$$P_o = 0.154 \text{ kN}$$

Carga estática (Co).

$$CO = SO P_o$$

Dónde:

So: Factor de seguridad estático según tabla

Tipo de funcionamiento	Rodamientos rotativos Requisitos en cuanto a funcionamiento silencioso					Rodamientos estacionarios		
	no importante		normal		alto			
	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos
Suave, sin vibraciones	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula es aconsejable utilizar $s_0 \geq 4$

¹⁾ Cuando se desconoce la magnitud de la carga de choque, deben usarse valores de s_0 por lo menos iguales a los arriba indicados. Si las magnitudes de las cargas de choque son exactamente conocidas, se pueden aplicar valores de s_0 menores

Figura 38.- tabla del factor de seguridad estático SO.

Con respecto al rodamiento rígido se considera que dentro del funcionamiento existirá cargas de choque con un valor de SO es 2.

Reemplazando se obtiene:

$$CO = (2)(0.154)$$

$$CO = 0.309 \text{ kN}$$

Carga dinámica equivalente (P)

$$P = XFrA + YFaA$$

$$\frac{f_0 F_{aA}}{C_0}$$

Dónde:

f_0 : Factor de cálculo

Según el cálculo realizado del factor de seguridad el diámetro interno que corresponde al rodamiento será de 25mm. Por lo tanto, es un rodamiento rígido con una hilera de bolas número 6185, sus características se encuentran detalladas en la siguiente figura.

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Diámetro externo (d)	37	mm
Diámetro interno (d)	25	mm
Capacidad de carga dinámica básica	4.36	kN
Capacidad de carga estática (co)	2.6	kN
Carga límite de fatiga (pu)	0.125	kN
Masa	0.022	kg
F0	14	

Figura 33.- características del rodamiento rígido 61805.

Se puede observar la dimensión del diámetro interno de este rodamiento.

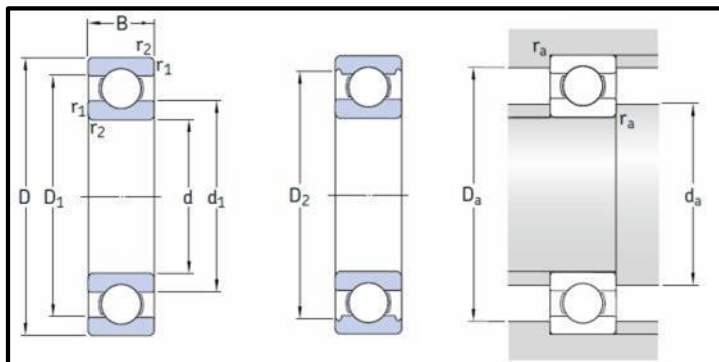


Figura 34.- diseño y medidas del rodamiento rígido 61805.

Tenemos

$$\frac{f_0 F_{aA}}{C_0} = \frac{(14)(0.126)}{0.309}$$

$$\frac{f_0 F_{aA}}{C_0} = 5.7$$

Por lo tanto, se obtiene.

$f_0 F_a/C_0$	Juego Normal			Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,40	0,44	1,40
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,30
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

Figura 41.- tabla de factores de cálculo del rodamiento 61805.

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > e$$

$$\frac{0.126}{0.152} > 0.426$$

$$0.826 > 0.426$$

Por lo tanto

$$P = XF_{rA} + YF_{aA}$$

$$P = (0.56) * 0.152 + 1.027 * 0.126$$

$$P = 0.22 \text{ kN}$$

Capacidad de carga dinámica básica del rodamiento (A).

$$C = \sqrt[3]{\frac{L_{hn} 60 n_2 P^3}{a_1 a_2 10^6}}$$

Dónde:

a1 : Factor de confiabilidad

a2 : Factor de características

a3 : Factor de condiciones de preparación

Para el siguiente cálculo se tendrá en cuenta las condiciones extremas posibles.

Confiabilidad %	Ln	Factor de confiabilidad a1
90	L1 0	1.00
95	L5	0.62
96	L4	0.53
97	L3	0.44
98	L2	0.33
99	L1	0.21

Figura 35.- factos de confiabilidad a1.

Además, se tendrá en cuenta los valores del factor de característica.

Símbolo	Temp. Máxima de operación (°C)	Factor de característica a2
TS2	160	1.00
TS3	200	0.73
TS4	250	0.48

Figura 43.- factor de características a2.

Demostrando de forma gráfica se observa las condiciones de operación.

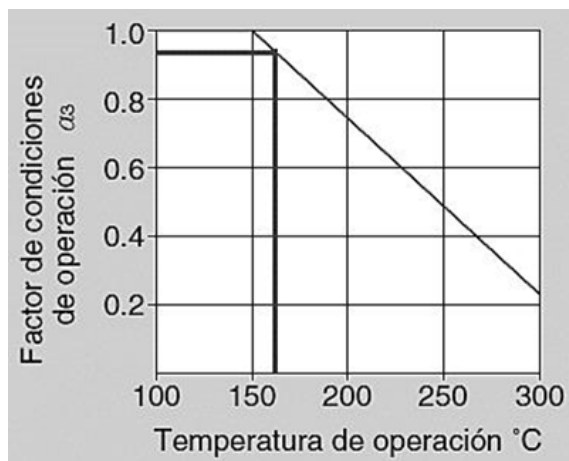


Figura 36.- factores de operación.

Reemplazando se obtiene:

$$C = \sqrt[3]{\frac{(12 * 10^3)(60)(276)(0.215^3)}{(0.6)(0.7)(0.97)(10^6)}}$$

$$C = 1.65 \text{ kN}$$

Con los datos obtenidos se puede formar la siguiente tabla:

Tabla 9.- dimensiones del rodamiento rígido 61805.

Descripción	valor	Unidad
c. dinámica	1.56	KN
d	15	mm
D	24	mm

Elaboración propia

El eje requerido para este proceso tiene un diámetro de 25mm considerando al rodamiento número 61805 con una capacidad de carga de 4.36 KN, las características más relevantes del rodamiento seleccionado son las siguientes.

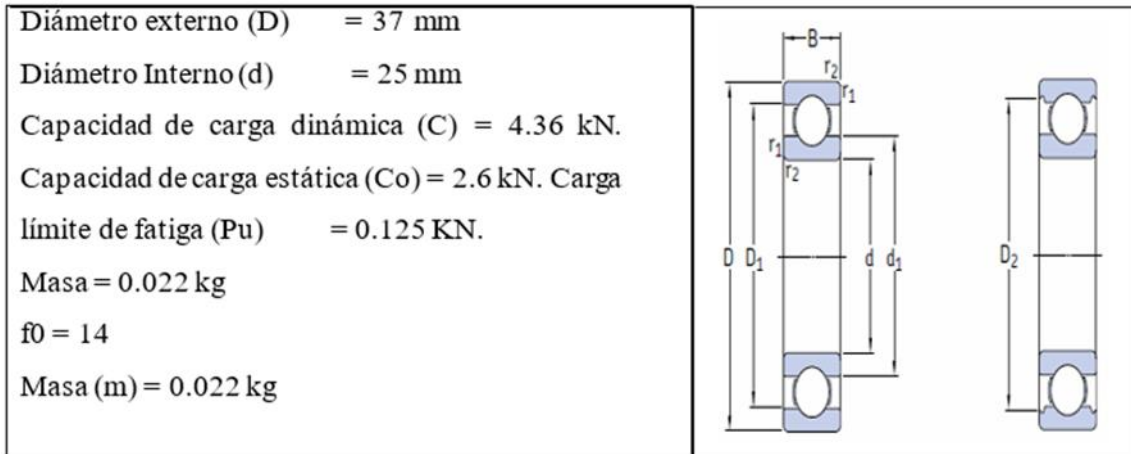


Figura 45.- características principales del rodamiento 61805.

Cálculo de la Vida nominal del rodamiento (L_{hn})

$$L_{hn} = a_1 a_2 a_3 \left(\frac{C}{P} \right)^3 \frac{10^6}{60n}$$

$$L_{hn} = (0.62)(0.73)(0.967) \left(\frac{4.36}{0.215} \right)^3 \frac{10^6}{(60)(276)}$$

$$L_{hn} = 221951.6 \text{ horas}$$

c) Rodamiento B

Carga estática equivalente (P_o).

$$P_o = 0.6F_{rB} + 0.5F_{aB}$$

Donde:

F_{rB} (RBx): Carga radial real del rodamiento en kN

F_{aB} (RBy): Carga axial real del rodamiento en kN.

$$P_o = (0.6)(0.08) + (0.5)(0.13)$$

$$P_o = 0.113 \text{ kN}$$

Capacidad de carga estática (C_o)

$$C_o = S_o * P_o$$

Dónde:

S_o: Factor de seguridad estático determinado en la siguiente figura.

Tipo de funcionamiento	Rodamientos rotativos					Rodamientos estacionarios		
	Requisitos en cuanto a funcionamiento silencioso					Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos
	no importante		normal		alto			
Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	
Suave, sin vibraciones	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula es aconsejable utilizar s₀ ≥ 4

¹⁾ Cuando se desconoce la magnitud de la carga de choque, deben usarse valores de s₀ por lo menos iguales a los arriba indicados. Si las magnitudes de las cargas de choque son exactamente conocidas, se pueden aplicar valores de s₀ menores

Figura 46.- factor de seguridad estático S_o.

Para el rodamiento 61805 se determina las cargas e choque con el valor de S_o es 2.

Reemplazando.

$$C_o = 2 * 0.113$$

$$C_o = 0.227 \text{ kN}$$

Carga dinámica equivalente (P)

$$P = XF_{rB} + YF_{aB}$$

Factores de cálculo (f_0)

$$\frac{f_0 F_{aB}}{C_0}$$

$$\frac{f_0 F_{aB}}{C_0} = \frac{14 * 0.13}{0.227}$$

$$\frac{f_0 F_{aB}}{C_0} = \frac{14 * 0.13}{0.227}$$

Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de una hilera de bolas									
$f_0 F_a/C_0$	Juego Normal			Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,40	0,44	1,40
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,30
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

Figura 47.- tabla de factores de cálculo para rodamientos rígidos 61805.

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} > e$$

$$\frac{0.13}{0.08} > 0.453$$

$$1.62 > 0.453$$

Por lo tanto

$$P = XF_{rB} + YF_{aB}$$

$$P = 0.56 * 0.08 + 0.97 * 0.13$$

$$P = 0.172KN$$

Capacidad de carga dinámica básica del rodamiento (C)

$$C = \sqrt[3]{\frac{L_{hn} 60 n_2 P^3}{a_1 a_2 a_3 10^6}}$$

Confiabilidad %	Ln	Factor de confiabilidad a1
90	L10	1.00
95	L5	0.62
96	L4	0.53
97	L3	0.44
98	L2	0.33
99	L1	0.21

Figura 37.- factor de confiabilidad.

Símbolo	Temp. Máxima de operación (°C)	Factor de característica a2
TS2	160	1.00
TS3	200	0.73
TS4	250	0.48

Figura 38.- factor de características.

En el siguiente grafico se observan las condiciones de temperatura alcanzadas durante operación.

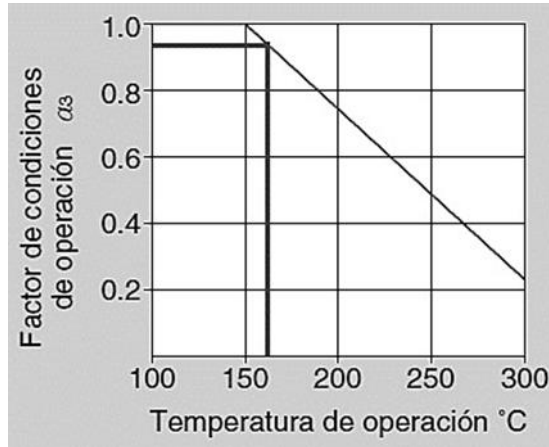


Figura 39.- factor de condiciones de operación.

Reemplazando:

$$C = \sqrt[3]{\frac{(1200)(60)(276)(0.172^3)}{(0.62)(0.73)(0.967)(10^6)}}$$

$$C = 1.32 \text{ Kn}$$

Tabla 10.- descripción de las mediciones.

Descripción	valor	Unidad
c. dinámica	1.33	KN
d	8	mm
D	16	mm

Elaboración propia.

Recalculo de Vida nominal del rodamiento (L_{hn}).

$$L_{hn} = a_1 a_2 a_3 \left(\frac{C}{P}\right)^3 \frac{10^6}{60 n}$$

$$L_{hn} = (0.62)(0.73)(0.967) \left(\frac{4.36}{0.172}\right)^3 \left(\frac{10^6}{(60)(276)}\right)$$

$$L_{hn} = 430481.8 \text{ horas}$$

Ya obtenido la selección (rodamientos rígidos de una hilera de bolas 61805), este deberá soportar la carga axial.

3.3.9 Selección de pernos.

Ya que este elemento como la base del reductor de velocidad, pernos y agujeros en la placa está sometida a un esfuerzo cortante se diseñará el factor de seguridad.

Reductor de velocidad (F) = 133kN

Factor de seguridad (η) = 3.85

Acero ASTM A36		
Resistencia a la tensión	Sut	400 MPa (58 kpsi)
Resistencia a la fluencia	Sy	250 MPa (36 kpsi)

Figura 51.- propiedades de la plancha.

Propiedades del perno a utilizar.

Perno hexagonal métrico clase 8.8.		
Diámetro	=	M10
Paso cte	=	1.5
Paso fino	=	1.25
H min	=	6.22 mm
F max	=	16 mm
LRmax	=	26 mm
Resistencia a la tensión (Sut)	=	837.6 MPa (120 kpsi)
Resistencia a la fluencia (Sy)	=	633.88 MPa (92 kpsi)

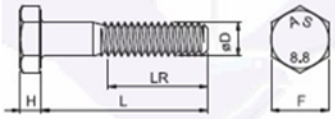


Figura 52.- características de los pernos requeridos.

A continuación, se observan las cargas que son ejercidas sobre la plancha.

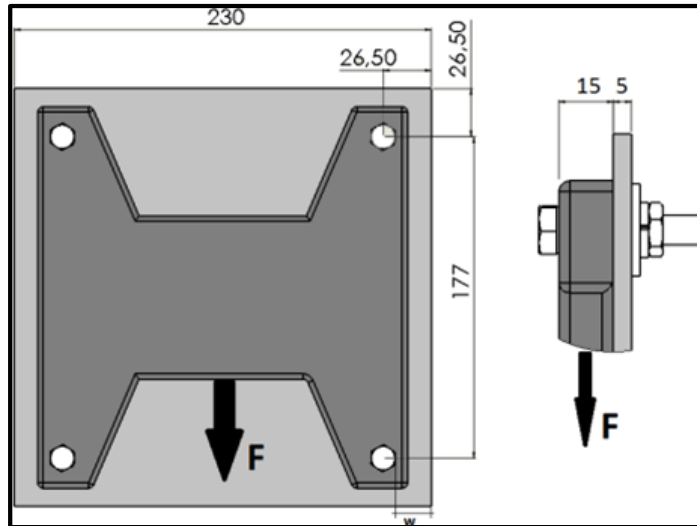


Figura 40.- posición de los orificios de sujeción de la plancha del reductor de velocidad.

a) **Espesor de la placa (t).**

$$t = \frac{F\eta}{\#pernos \pi d S_{y(elemento)}}$$

$$t = \frac{(0.133)(10^3)(3.85)}{(4)(\pi)(0.01)(250)(10^3)}$$

$$t = 1.63 \text{ mm}$$

b) **Valor límite de fuerza.**

Calculo de aplastamiento de los cargados (F).

$$F = \frac{2 t d (S_y)_{perno}}{\eta}$$

$$F = \frac{(2)(0.015)(0.01)(633.88)(10^6)}{3.85}$$

$$F = 49.40 \text{ kN}$$

Dónde:

t: Carga sometida en el espesor de la plancha.

Cálculo de aplastamiento de los pernos activos (F)

$$F = \frac{2 t d (S_y)_{elemento}}{\eta}$$

$$F = \frac{(2)(0.015)(0.01)(250)(10^6)}{3.85}$$

$$F = 19.48 \text{ kN}$$

Para el cálculo utilizaremos un perno M10 el cual su diámetro menor (Ar) es de 56,3 mm²

$$F = \frac{(0.577)(4) \left(\frac{56.3}{25.4^2} \right) (92)}{3.85}$$

$$F = 4.8 \text{ kip}$$

$$F = 21.4 \text{ kN}$$

3.3.10 Calculo de la estructura.

Se empleará el método ASD (Allowable Stress Design - Diseño por Esfuerzos Permisibles) para la selección del perfil de la viga estando sujeto a mayor momento. (J.C. y C.S.F. McCormac, 2012).

Tabla 11.- esfuerzos máximos.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Carga máxima	55.8	N
Momento máximo	6.88	Nm

Elaboración propia.

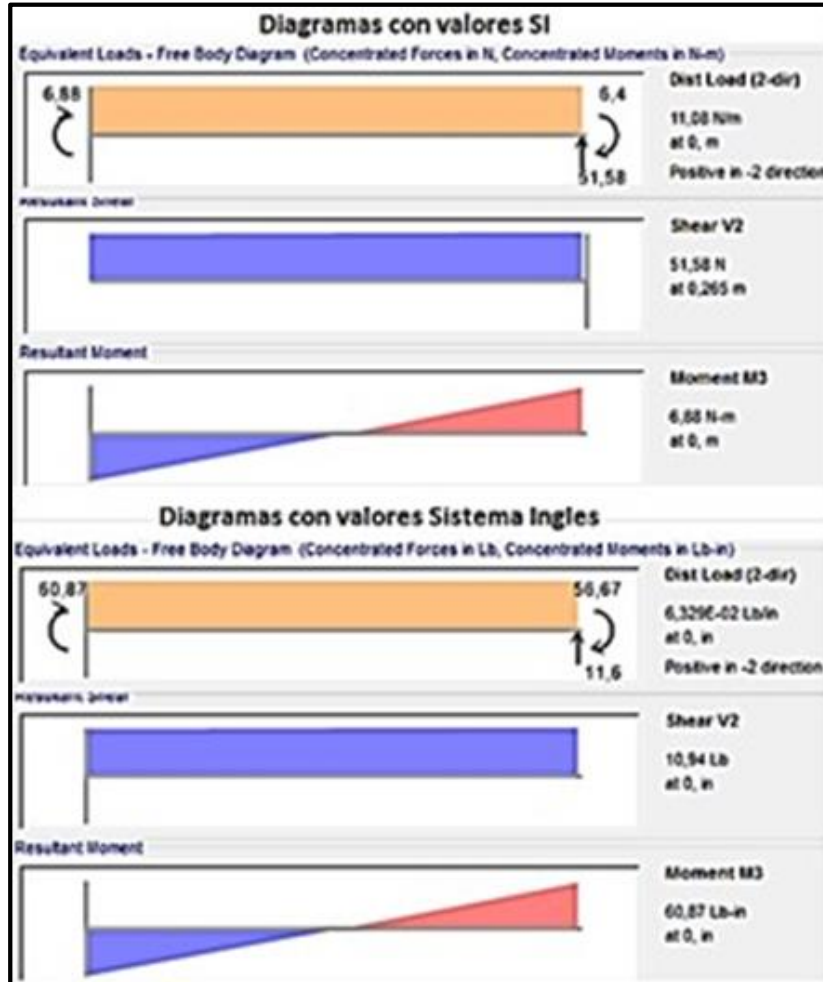


Figura 41.- diagrama con valores para macro.

La siguiente tabla indica que la estructura del perfil 280 tiene una mayor carga en sí mismo.

Módulo de sección plástica (Z) =	976 mm ³ (0.05956 pulg ³)
Longitud de la viga (L_b) =	265 mm (10.433 pulg)
Momento Máximo (M_{max}) =	6.88 Nm (60.87 Lb*pulg)
Radio efectivo del perfil (r_y) =	7.3937 mm (0.29 pulg)
Constante de torsión (J) =	11664 mm ⁴ (0.028 pulg ⁴)

Figura 55.- especificaciones.

a) Selección del perfil.

El tubo estructural a utilizar es de forma cuadrada con las siguientes mediciones 20*20*2mm.

En la siguiente figura se observan las características principales.

D i m e n s i o n e s	A	mm	20	
		pulg	0.7874	
	Espesor	mm	2.0	
		pulg	0.0787	
Peso	Kg/m	1.15		
	Lb/pulg	0.0644		
Area (Ag)	cm ²	1.34		
	pulg ²	0.207		
Ejes X-X e Y-Y	Inercia	mm ⁴	0.69	
		pulg ⁴	0.0166	
	W	mm ³	0.69	
		pulg ³	0.0421	
	r	mm	0.72	
		pulg	0.0283	

Figura 56.- características del tubo cuadrado ASTM A500.

3.3.11 Análisis de vibraciones.

Durante el análisis realizado por software el diseño tuvo una deflexión de 0.026 máximas, y en la viga se optó cargas mayores en la deflexión en vibraciones esto por el tipo de aplicación. Observamos en la Figura siguiente.

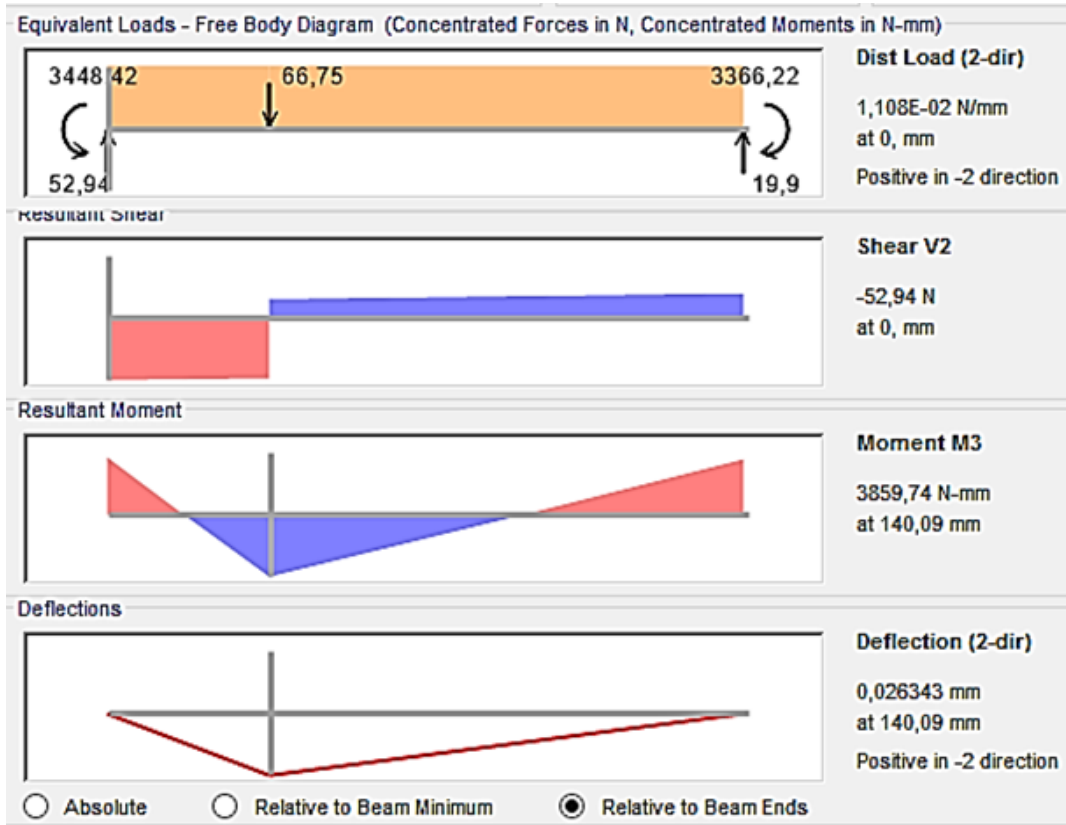


Figura 57.- análisis de deformación de vigas.

De forma simplificada, la viga quedaría de la siguiente manera.

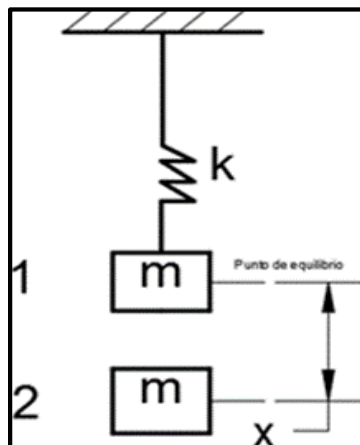


Figura 42.- diagrama de la estructura.

Calculando con la ecuación de deformación máxima.

$$y_{max} = \frac{Fl^3}{192EI}$$

Sustituyendo en la ecuación de (Ley de Hooke).

$$F = kx$$

Dónde:

F : Fuerza aplicada

l : Longitud de la viga (0,55m)

E : Módulo de Young. (209 GPa)

I : Inercia del perfil Tabla 34

k : Constante del resorte

$$k = \frac{192EI}{l^3}$$

$$k = \frac{(192)(209)(10^9) \frac{0.69}{(1000)^4}}{0.55^3}$$

Reemplazando

$$w_0 = \sqrt{\frac{k}{m_{total}}}$$

Dónde:

m_{total} : Masa total de la viga

$$w_0 = \sqrt{\frac{166.42}{(1.15)(0.55)}}$$

$$w_0 = 16.22 \frac{rad}{s}$$

Ya que la frecuencia forzada y externa son factores totalmente diferentes, están no entran en la resonancia.

a) Cálculo de la resonancia (ρ).

$$\rho = \frac{1}{1 - \frac{w^2}{w_n^2}}$$

Dónde:

w: Es la velocidad angular.

$$\rho = \frac{1}{1 - \frac{28.9^2}{16.22^2}}$$

$$\rho = -0.46$$

b) Valor de la amplitud (A).

$$A = \rho y_{max}$$

$$A = (-0.46)(0.026343)(10^{-3})$$

$$A = -1.21 * 10^{-5} m$$

Ecuación general en el sistema sin amortiguamiento para análisis vibratoria.

$$x = A \cos(w_0 t + \varphi) + \frac{F}{K} \cos wt$$

Dónde:

φ : Ángulo de inicio (se asume 0 grados)

t: Tiempo

$$x = ((-1.21)(10^{-5})) \cos(16.22t) - 0.8719 \cos 28.9t$$

En el Gráfico siguiente se puede observar el tiempo de posición de 15 minutos (900 segundos), donde la tamizadora tiene un funcionamiento máximo para cada prueba o ensayo.

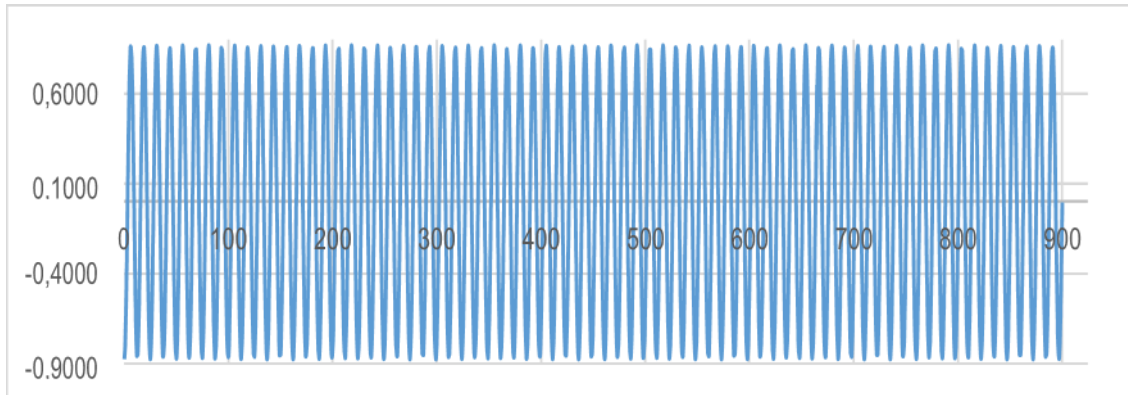


Figura 59.- representación de las vibraciones respecto al tiempo vs posición.

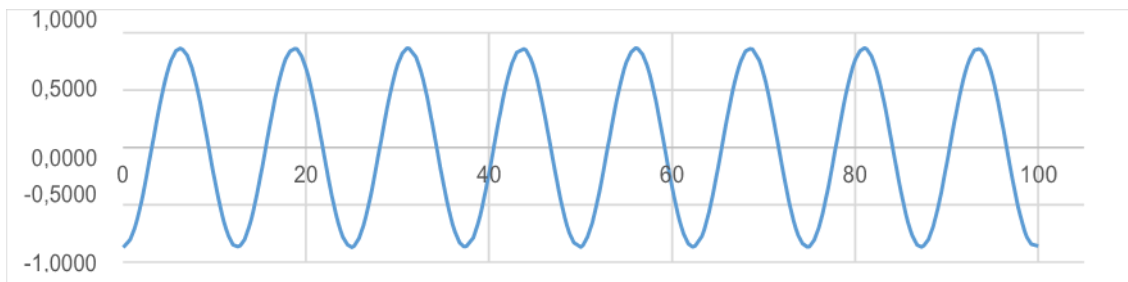


Figura 60.- posición vs tiempo t en un lapso de 100 segundos.

3.3.12 Análisis de soldadura.

Mediante el proceso de soldadura GMAW juntamos la estructura de la maquina tamizadora con las placas de apoyo del motor y el reductor, reduciendo de esta manera el exceso de vibraciones.

ESPESOR		2 MM
TIPOS DE JUNTA	<p>MÁXIMO DETALLE DE SOLDADURA JUNTA A TOPE</p>	
TIPO DE ALAMBRE	ER70S-6	
VOLTAJE	20 V	
VELOCIDAD DE AVANCE	680 CM/MIN	
ESPESOR	4 MM	
TIPOS DE JUNTA	<p>MÁXIMO DETALLE DE SOLDADURA DE FILETE A LO LARGO DE LOS BORDES.</p>	
TIPO DE ALAMBRE	ER70 S-6	
VOLTAJE	20 V	
VELOCIDAD DE AVANCE	680 CM/MIN	

Figura 61.- características de las juntas soldadas.

Junta con un espesor de 2 mm.

Soldadura de canal cuadrada (1) Junta a tope (B)									
Dimensiones en mm									
Procesos de Soldadura	Designación de Junta	Espesor de Base de Metal (U = ilimitado)		Preparación de Canal	Tolerancias		Posiciones de Soldar Permisibles	Tamaño de Soldadura (E)	Notas
					Abertura de Raíz	Como Detallado (Ver 3.12.3)			
		T ₁	T ₂						
SMAW	B-P1a	3	-	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todas	T ₁ - 1	b,e
	B-P1c	6 max.	-	R = T ₁ /2 min	+2, -0	±2	Todas	T ₂ /2	b,e
GMAW	B-P1a-GF	3	-	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todas	T ₁ - 1	b,e
FCAW	B-P1c-GF	6 max.	-	R = T ₁ /2 min	+2, -0	±2	Todas	T ₁ /2	b,e

Figura 62.- detalle de juntas soldadas precalificadas.

Junta de filete con un espesor de 4 mm

Mediante la siguiente figura observaremos el procedimiento de unión por GMAW se indica el tamaño mínimo del filete.

Espesor del Metal Base (T)a		Tamaño Mínimo de la Soldadura de Filete	
Plug.	mm	Plug.	mm
$T \leq \frac{1}{4}$	$T \leq 6$	1/8 (Nota C)	3 (Nota c)
$\frac{1}{4} < T \leq \frac{1}{2}$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$\frac{1}{2} < T \leq \frac{3}{4}$	$12 < T \leq 20$	$\frac{1}{4}$	6
$\frac{3}{4} < T$	$20 < T$	5/16	8
<p>a) Para los procesos considerados como no bajo-hidrógeno sin precalentamiento calculado de acuerdo con 4.8.4, T es igual al espesor de la pieza más gruesa unida, se deben utilizar soldaduras de paso sencillo. Para los procesos considerados como no bajo-hidrógeno utilizando procedimientos establecidos para evitar el agrietamiento de acuerdo con 4.8.4 y para los proceso de bajo-hidrogeno, T es igual al espesor de la pieza más delgada unida, el requerimiento del paso sencillo no aplica.</p> <p>b) Excepto que el tamaño de la soldadura no necesitara exceder el espesor dela pieza más delgada unida.</p> <p>c) El tamaño mínimo para estructuras cargadas cilíndricamente deberá ser de 3/16 pulg. (5mm).</p>			

Figura 63.- especificaciones de los tamaños de soldadura.

3.3.13 Diagrama de control y potencia.

SM = botón de encendido.

K1 = contactor

KT1= temporizador

SP = apagado de emergencia.

F2 = relé térmico.

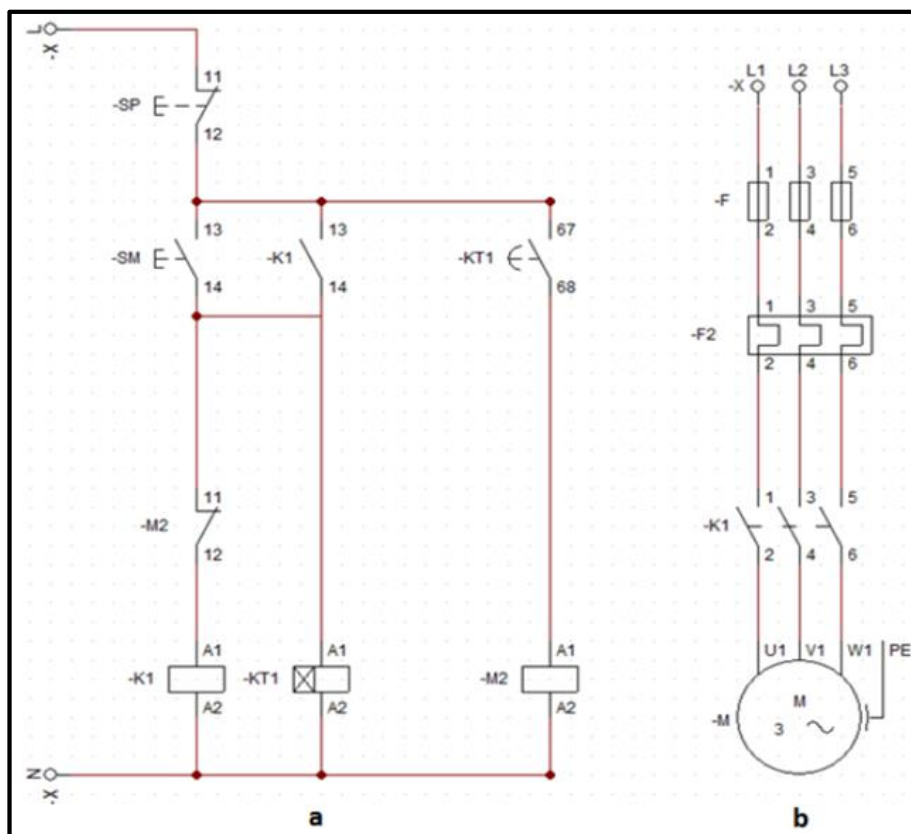


Figura 43.- a) diagrama de control y b) diagrama de fuerzas.

Figura 44.- a) diagrama de control y b) diagrama de fuerzas.

3.4 Calcular el costo de fabricación de la máquina tamizadora.

A continuación, se detallan los costos de fabricación de la máquina tamizadora.

Tabla 12.- resumen de costo total.

COSTO TOTAL DEL EQUIPO	PRECIO
Costo de materiales	1067.88
Costos de pre fabricados	522.85
Costos de fabricación	386.76
Costos indirectos	214
Costos varios	87.5
TOTAL	2278.99

Elaboración propia.

La descripción total y detallada de los materiales e insumos utilizados en el presente proyecto se encuentra de forma detallada en los anexos.

IV. DISCUSIÓN

El diseño mecánico ha ido evolucionando a través de los años debido a los cambios de la tecnología, en la actualidad los softwares de diseño permiten al diseñador modelar la totalidad de los equipos y poder apreciar en tiempo real el comportamiento del equipo, logrando optimizar la cantidad de materia y los procesos de fabricación.

El proceso de tamizado del ají paprika, es un proceso por medio del cual el ají molido pasa por diversos tamices de acuerdo a lo requerido, este proceso se puede realizar en forma manual o con el uso de una máquina, en la empresa MECAINNOVA se venía realizando en forma manual, lo cual tomaba hasta 02 días y no era eficiente, con el uso de una máquina tamizadora, el proceso se ha mejorado en gran medida.

Dentro de las dificultades que se encontraron al desarrollo de esta investigación era la búsqueda de los materiales adecuados, tomando en cuenta que lo que iba a estar en contacto era un producto comestible, sin embargo, fue subsanado y se pudo seleccionar el material adecuado.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico del proceso de tamizado del ají paprika, en el laboratorio de la empresa MECAINNOVA S.A.C., pudiendo identificar que los clientes solicitan una muestra de 20 Kg de ají paprika tamizado por cada contenedor de producto que se exporta, lograr tamizar los 20 Kg que solicitan se logra con el trabajo de 02 operarios durante 02 días.
- Se logró la caracterización de las propiedades del ají paprika, teniendo 8% de Humedad, 8,9% de cenizas y 19% de fibra, además de otras propiedades, a partir de allí se diseñó la máquina tamizadora.
- Se realizaron los cálculos de los diversos elementos electromecánicos, realizando análisis de esfuerzos a nivel estático y a nivel dinámico, además de los cálculos de soldadura, generando una capacidad de producción de 20 Kg/h.
- Se realizaron los cálculos del costo de fabricación de la máquina tamizadora, para el laboratorio de la empresa MECAINNOVA S.A.C., obteniendo un costo de fabricación de \$2146,76

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe implementar la máquina tamizadora en la empresa MECAINNOVA S.A.C, así como también otros equipos que se necesiten para de esta manera seguir desarrollando tecnología.
- Es indispensable el uso de mascarilla y guantes de protección durante los ciclos de operación de la tamizadora, para evitar la respiración de polvos finos.
- Durante el funcionamiento de la maquina se debe asegurar el ajuste adecuado de todos los componentes y resortes, evitando un posible colapso de estos.

REFERENCIAS

- AGRODATAPERÚ. (s.f.). <https://www.agrodataperu.com/exportaciones>. Recuperado el 16 de mayo de 2018, de <https://www.agrodataperu.com/exportaciones>.
- Budynas, R., Nisbett, J., & Ríos Sánchez, M. Á. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY* (Octava ed.). D.F., Mexico: McGraw-Hill.
- Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. Estado de México.: RED TERCER MILENIO S.C.
- Illescas Sanchez , D. (2007). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TAMIZADORA DE ARENAS PARA MOLDES DE FUNDICIÓN*.
- J.C. y C.S.F. McCormac. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero* (Quinta ed.). Mexico D.F.: Alfaomega Grupo.
- Mott, R. L. (2006). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. Mexico: Pearson Educación.
- Perez de Mora, I. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TAMIZADORA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE POLVOS METÁLICOS PARA EL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA*. Ambato - Ecuador.
- Rosero Alvarez, M. E., & Olivarez Yachimba, L. J. (2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO MIXTO DE TAMIZADO Y SECADO PARA LA SEPARACIÓN DE ESPORAS DE HONGOS DE AMRANTO Y SU USO COMO BIOPLAGUICIDA*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico., Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador. Recuperado el 20 de Mayo de 2018

ANEXOS

Tabla 13.- costos de materiales.

COSTOS DE MATERIALES			
COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Tamices			
Tamiz con malla de acero inoxidable de los #s (No. 20, 40, 60, 80, 100) fabricado bajo la norma ASTM E-11.	5	88.92	444.6
Tamiz con malla de acero inoxidable de los #s (No. 140, 200, 230, 325) fabricado bajo la norma ASTM E-11.	4	111.72	446.88
Fondo y tapa.	1	74.1	74.1
Estructura			
Tubo estructural cuadrado 20x20x2 mm	3	7	21
Plancha de acero A36 100x100x4	1	3.4	3.4
Plancha de acero A36 100x100x2	1	1.7	1.7
Broca 0.5"	1	4.8	4.8
Eje conducido			
Eje AISI 1010 25.4x300	1	3.3	3.3
Eje AISI 1010 50.8x100	1	6.6	6.6
Machuelo 4M	2	0.75	1.5
Polea de aluminio 5 pulgadas	1	6	6
Soporte de tamices			
Eje 0.5 x 900	2	2.5	5
Acero 0.7 kg	1	30	30
Varios			
Polea aluminio 10 pulgadas	1	13	13

Banda V Tipo A-47	1	6	6
TOTAL			1067.88

Elaboración propia.

Tabla 14.- costos de pre fabricado.

COSTO DE PREFABRICADOS			
COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
		UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Estructura			
Pernos 10x40 mm Completo	4	0.25	1
Eje conducido			
Completo	8	0.35	2.8
Chumacera UCF205CM3	2	5	10
Soporte de tamices			
Chumacera UCFL205-16 FBJ	1	5	5
Pernos 5/8x2 Completo 2 1.05			2.1
Reductor 1 280			280
	1	89.63	89.63
Motor monofásico 0.5 Hp			
Contactador -13A LR2D1316	1	6.75	6.75
Temporizador CSC 3min-30H 24/220 V	1	21.3	21.3
Contactador FATO CFC2N-32 3Kw 220V	1	22.02	22.02
Pulsador FATO 22 mm Doble	1	5.3	5.3
Pulsador FATO 22 mm T/Hongo	1	3.64	3.64
Caja de Fusibles	1	24.65	24.65
Cableado	1	6.86	6.86
Acabados			
Masilla 1000 ml	1	4.8	4.8

Pintura para auto 1 250 ml	3	3.1	9.3
Pintura Spray 400 ml	3	2.25	14.1
Varios			
Pernos 1/4 " x 2"	22	0.15	3.3
Llave Hexagonal #4 y #4.5	2	1.4	2.8
Soportes en caucho para resortes	8	0.75	6
Caucho 2"x10"	2	0.75	1.5
SUB -TOTAL			522.85

Elaboración propia.

Tabla 15.- costos de fabricación.

COSTOS DE FABRICACIÓN			
OPERACIÓN	TIEMPO	COSTO DE HORA Y USO DE	PRECIO
	(HORAS)	MAQUINARIA (\$)	TOTAL (\$)
Alquiler del taller	1	50	50
Corte con plasma	2	2.5	5
Corte y doblado de tol	3	10	30
Soldadura	15	3.334	50.01
Esmerilado	1	3	3
Fundición	5	30	150
	1	18.75	18.75
Instalación Eléctrica			
Pintado	1	20	20
Torneado	10	5	50
Taladrado	5	2	10
SUB -TOTAL			386.76

Elaboración propia.

Tabla 16.- costos indirectos.

COSTOS INDIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
Internet	102.6
Equipos de computa	45
Documentación y elaboración de planos	30
Pruebas de funcionamiento	36.4
SUB - TOTAL	214

Elaboración propia.

COSTO VARIOS	
DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
Transporte	30
Gastos Varios	57.5
SUB-TOTAL	87.5

Tabla 17.- costos total del equipo.

COSTO TOTAL DEL EQUIPO		
DETALLE	VALOR TOTAL (\$)	TOTAL DE PRECIO (\$)
Costos directos		
Materiales	1067.88	
Prefabricados	515.5	
Fabricación	266.75	
Diseño	214	
Subtotal costos directos		2064.13
Costos indirectos		
Total de costos varios	87.5	
Imprevistos (15%)	13.13	
Subtotal costos indirectos		100.63
TOTAL DEL EQUIPO		2164.76

Elaboración propia.

Tabla 18.- costos indirectos.

COSTOS INDIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	PRECIO
	(\$)
Internet	102.6
Equipos de computa	45
Documentación y elaboración de planos	30
Pruebas de funcionamiento	36.4
SUB - TOTAL	214

Elaboración propia

Tabla 19.- costos extras

COSTO VARIOS	
DESCRIPCIÓN	PRECIO
	(\$)
Transporte	30
Gastos Varios	57.5
SUB-TOTAL	87.5

Elaboración propia.