

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Diseño de una máquina ergonómica boleadora
de masas para la industria panificadora,
Arequipa 2019**

Mauricio Ari Ari

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por toda su benevolencia conmigo,
por permitir mi superación profesional.

A mis padres por su apoyo inmensurable.

A mis docentes cuyos conocimientos y
experiencias considero como pilares fundamentales,
de valor infinito en lo que ha sido
mi etapa como estudiante universitario.

DEDICATORIA

Esta investigación es dedicada con todo cariño
y respeto a mis padres y familiares
y quienes estuvieron fomentando en mí
el poder alcanzar todas las metas que me propuse
en todos estos años de formación profesional.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| ÍNDICE | iv |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 1 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 1 |
| 1.1.1. Producto principal..... | 1 |
| 1.1.2. Problema general | 1 |
| 1.1.3. Problemas Específicos | 2 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.2.1. Objetivo general | 2 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 2 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 2 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. Antecedentes del problema | 4 |
| 2.2. Bases teóricas | 5 |
| 2.2.1. Productividad..... | 5 |
| 2.2.2. Ergonomía..... | 5 |
| 2.2.3. Diseño | 5 |
| 2.2.4. Diseño de Ingeniería..... | 5 |
| 2.2.5. Mantenimiento de maquinarias | 6 |
| 2.2.6. Diseño de máquina Boleadora de masas en la situación Actual | 6 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 10 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.3.1. | Antropometría..... | 10 |
| 2.3.2. | Medidas Antropométricas | 10 |
| 2.3.3. | Diseño Antropométrico | 11 |
| 2.3.4. | Percentiles..... | 11 |
| 2.3.5. | Flexión..... | 11 |
| 2.3.6. | Extensión..... | 11 |
| 2.3.7. | Movimiento cubito-radial..... | 11 |
| 2.3.8. | Pronación | 12 |
| 2.3.9. | Supinación..... | 12 |
| 2.3.10. | Tolva | 12 |
| 2.3.11. | Cámara divisora de masas | 12 |
| 2.3.12. | Caja Boleadora..... | 12 |
| 2.3.13. | Boleadora..... | 12 |
| 2.3.14. | Máquina ergonómica Boleadora | 12 |
| 2.4. | Trabajos Previos o antecedentes..... | 13 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA | | 15 |
| 3.1. | Metodología aplicada para la solución..... | 15 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA SOLUCIÓN | | 17 |
| 4.1. | Diagnóstico de la máquina actual | 17 |
| 4.2. | Identificación de requerimientos | 18 |
| 4.2.1. | Estructura de modelo en módulos realizables..... | 18 |
| 4.2.2. | Secuencia de Operaciones..... | 22 |
| 4.2.3. | Estructura Black Box o caja negra | 24 |
| 4.2.4. | Fijación de procesos técnicos..... | 26 |
| 4.2.5. | Estructura de funciones | 28 |
| 4.3. | Análisis de la solución | 30 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 4.3.1. | Determinación del concepto de soluciones (Matriz morfológica)..... | 30 |
| 4.4. | Diseño | 36 |
| 4.4.1. | Diseño de máquina Boleadora de masas en la situación Propuesta..... | 36 |
| 4.4.2. | Selección de materiales..... | 36 |
| 4.4.3. | Análisis estructural..... | 37 |
| 4.4.3.1. | Cálculo de la tolva de alimentación | 37 |
| 4.4.3.1.1. | Dimensiones de la tolva | 38 |
| 4.4.3.1.2. | Cálculo de boleadora..... | 40 |
| 4.4.3.2. | Desarrollo del cálculo para hallar la potencia requerida..... | 40 |
| 4.4.3.2.1. | Potencia en arranque del motor | 40 |
| 4.4.3.2.1.1. | Cálculo de la aceleración angular | 41 |
| 4.4.3.2.1.2. | Cálculo de la inercia..... | 41 |
| 4.4.3.2.1.3. | Momento torsor teórico | 42 |
| 4.4.3.2.1.4. | Hallando la relación de velocidad..... | 42 |
| 4.4.3.2.1.5. | Cálculo del momento torsor real..... | 43 |
| 4.4.3.2.1.6. | Cálculo de la potencia..... | 43 |
| 4.4.3.2.2. | Potencia del regimen..... | 43 |
| 4.4.3.3. | Cálculo y selección de correas | 44 |
| 4.4.3.3.1. | Selección de poleas | 44 |
| 4.4.3.3.2. | Cálculo y dimensionamiento de correas | 45 |
| 4.4.3.4. | Dimensionamiento del eje | 48 |
| 4.4.3.4.1. | Dimensionamiento por estática | 48 |
| 4.4.3.4.1.1 | Cálculo de esfuerzos máximos, mínimos y cortantes ... | 52 |
| 4.4.3.4.2. | Dimensionamiento por fatiga..... | 52 |
| 4.4.3.5. | Cálculo y dimensionamiento de chavetas..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 4.4.3.6. Cálculo de rodamientos..... | 60 |
| 4.4.3.6.1. Vida util | 60 |
| 4.4.3.6.2. Preselección de rodamiento | 60 |
| 4.4.3.6.1. Cálculo de la carga equivalente..... | 61 |
| 4.4.3.7. Preselección y diseño de ruedas giratorias | 62 |
| CAPÍTULO V: MODELADO | 66 |
| 5.1. Costos | 66 |
| 5.1.1. Evaluación de los tiempos | 66 |
| 5.1.2. Estimación de Costos de Mantenimiento | 67 |
| 5.1.3. Estimación de Costos de Fabricación..... | 68 |
| 5.1.4. Estimación de Costos de Mano de Obra..... | 69 |
| 5.1.5. Costos Indirectos del Proyecto | 69 |
| 5.1.6. Gastos Generales del Proyecto | 70 |
| CONCLUSIONES | 79 |
| TRABAJOS FUTUROS..... | 80 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 81 |
| ANEXOS..... | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Lista de exigencias..... | 18 |
| Tabla 2. Matriz Morfológica para la máquina propuesta..... | 30 |
| Tabla 3. Principales cualidades para panel de control | 32 |
| Tabla 4. Consideraciones técnicas para la interfaz H-M semáforo industrial..... | 33 |
| Tabla 5. Calificación ergonómica de posturas del trabajador peruano | 34 |
| Tabla 6. Calificación de medidas antropométricas | 35 |

| | |
|---|----|
| Tabla 7. Factor de servicio fs | 45 |
| Tabla 8. Estimación de Tiempos | 66 |
| Tabla 9. Estimación de costos de mantenimiento | 67 |
| Tabla 10. Costo de Materiales | 68 |
| Tabla 11. Estimación de Costos de Mano de Obra | 69 |
| Tabla 12. Costos Indirectos del Proyecto..... | 69 |
| Tabla 13. Gastos Generales del Proyecto..... | 70 |
| Tabla 14. Parámetros Antropométricos para latinoamericanos, resumen de medidas | 83 |
| Tabla 15. Matriz de Consistencia | 84 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | |
|--|----|
| Foto 1. Boleadora Máquina Lyra | 7 |
| Foto 2. Tolva de Alimentación..... | 8 |
| Foto 3. Panel de Control | 8 |
| Foto 4. Vias para el pesado de masa..... | 9 |
| Foto 5. Porta placa Boleadora | 9 |
| Foto 6. Placa Boleadora | 10 |

ÍNDICE DE ESQUEMAS

| | |
|---|----|
| Esquema 1. Etapas del diseño | 16 |
| Esquema 2. Secuencia de operaciones..... | 24 |
| Esquema 3. Abstracción del black box boleadora ergonómica | 26 |
| Esquema 4. Estructura de funciones | 29 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Máquina Lyra Diseño en SolidWorks | 36 |
| Figura 2. Masa..... | 37 |
| Figura 3. Cubo de medida de la bola de masa..... | 37 |
| Figura 4. Circulo de la medida de la bola de masa | 38 |
| Figura 5. Cubo de la medida de la tolva..... | 39 |
| Figura 6. Medidas de la tolva | 39 |
| Figura 7. Medidas de la boleadora..... | 40 |
| Figura 8. Número de R. P. M. Polea | 46 |
| Figura 9. Dimensionamiento del eje que acciona a la boleadora | 49 |
| Figura 10. Dimensionamiento del eje..... | 49 |
| Figura 11. Reacciones en plano X-Y con software de MDSolids 4.0..... | 50 |
| Figura 12. Reacciones en plano X-Z con software de MDSolids 4.0..... | 51 |
| Figura 13. Rodamiento | 60 |
| Figura 14. Dimensiones del rodamiento..... | 61 |
| Figura 15. Ingreso de datos en el software del SKF..... | 62 |
| Figura 16. Resultados de calculo..... | 62 |
| Figura 17. Rueda | 63 |
| Figura 18. Dimensiones de la rueda | 64 |
| Figura 19. Regulación de las patas de la maquina boleadora | 65 |
| Figura 20. Plano de la máquina boleadora de masas | 71 |
| Figura 21. Dibujo Técnico de la máquina boleadora LYRA situación Actual | 72 |
| Figura 22. Dibujo de la máquina boleadora y sus partes..... | 73 |
| Figura 23. Resultados del estudio del peso que soportan las ruedas..... | 74 |

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo estuvo orientado en el diseño de una máquina ergonómica boleadora de masas para la industria de la panificación, con capacidad de producción de 36 unidades de pan/min con sistema automático realizando tres operaciones como son el corte, pesado y boleado de masas obteniendo como resultado masas redondas y preformadas con el gluten; además de poder ajustar la altura del equipo para dar mejor confort a la operatividad del trabajador peruano de estatura promedio.

Para la presente propuesta, a la máquina se le denominó por modelo BOLE-600X, para su diseño se utilizó la metodología de la Norma VDI 2221 conocida como Verein Deutscher Ingenieure, para un enfoque sistemático en el diseño de productos, máquinas, el análisis, las características y exigencias necesarias de sus componentes, estructura black box, matriz morfológica y el cálculo de sistemas estáticos y dinámicos deseados. En cuanto a la ergonomía el modelo fue ajustable a la altura requerida por el operario tanto cuando abastece como en su mantenimiento mediante gatas hidráulicas con sistema eléctrico y manual, también fue útil los dispositivos de interfaz hombre-máquina como son sirena, semáforo, y panel de control para una mejor comunicación con la máquina.

Finalmente se realizó un análisis y evaluación del costo de la máquina ergonómica peruana para su viabilidad en la realización posterior del presente proyecto.

Palabras claves: Boleadora de masas, ergonomía, interfaz hombre-máquina.

ABSTRACT

The development of the present work was oriented in the design of an ergonomic dough boiler machine for the bakery industry, with production capacity of 36 units of bread / min with automatic system performing three operations such as cutting, weighing and rolling of doughs resulting in round and shaped doughs with gluten; In addition to being able to adjust the height of the equipment to give better comfort to the operability of the average height Peruvian worker.

For the present proposal, the machine was called by BOLE-600X model, for its design the methodology of the VDI 2221 Standard known as Verein Deutscher Ingenieure was used, for a systematic approach in the design of products, machines, analysis, the characteristics and necessary requirements of its components, black box structure, morphological matrix and the calculation of desired static and dynamic systems. As for the ergonomics, the model was adjustable to the height required by the operator both when supplying and in its maintenance by means of hydraulic jacks with electrical and manual system, the man-machine interface devices such as siren, traffic light, and panel were also useful Control for better communication with the machine.

Finally, an analysis and evaluation of the cost of the Peruvian ergonomic machine was carried out for its viability in the subsequent realization of this project.

Keywords: Mass bowling, ergonomics, man-machine interface.

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta surge con la necesidad de obtener el diseño de una máquina ergonómica boleadora de masas que ofrezca un mejor confort en el abastecimiento y mantenimiento de la máquina siendo ajustable en su altura, también la comunicación que ésta tiene con el hombre llamada interfaz que actualmente las máquinas para la industria de la panificación se importan de Italia por lo que para la antropometría peruana exige esfuerzos en las posturas.

Se tiene por objetivo diseñar una boleadora para bolear la masa en cuyo proceso se debe realizar tres operaciones unitarias cortar la masa, pesar y bolear. La tolva de la máquina ergonómica tendrá capacidad para 25 kg, el corte cae en una cámara dosificadora para 3 unidades por ciclo, el boleado para 6 unidades por ciclo, con una producción de 36 unidades de pan/min. Los dispositivos informativos utilizados para la interfaz de hombre-máquina (H-M) serán una sirena para emitir alarmas en caso de parada por fallas técnicas, semáforo de 3 colores verde para funcionamiento, amarillo para atención y rojo para cuando la máquina esté detenida, un panel de control para el manejo de datos y equipo, gatas hidráulicas con sistema eléctrico y manual para el ajuste de altura del equipo cuyo promedio de altura y diseño de ajustes se manejan tablas antropométricas y percentiles para los cálculos cuantitativos.

El desarrollo utiliza la metodología de la norma VDI 2222-2225 para su caracterización técnica.

Los capítulos se detallan a continuación:

- Capítulo I, se trata del planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos y justificación del tema.
- Capítulo II, se trata del marco teórico, bases teóricas, conceptos.
- Capítulo III, se trata de la metodología, diagrama de flujo, diagrama black box, matriz morfológica, diseño ergonómico y percentiles de medición, implementación de dispositivos informativos para interfaz hombre-máquina.
- Capítulo IV, se trata del Análisis y Diseño para la Solución, utiliza cálculos matemáticos para las dimensiones de tolva, cámara divisora, cámara boleadora, dimensiones físicas de la maquina ergonómica y los dispositivos implementados

en base a un análisis estructural, materiales, productividad y costos de la máquina.

- En el capítulo V, se trata de conclusiones y recomendaciones, en base productividad y costo con el diseño de máquina ergonómica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Producto principal

La máquina boleadora de masas sirve para realizar tres operaciones unitarias como son el pesado, cortado y boleado propiamente de masas, para obtener un preformado de la masa de panes en la industria de la panificación. La máquina ergonómica realiza movimientos estáticos dentro de su estructura en el corte de la masa en la tolva, pesado de masas que se realiza por dosificación de porciones y movimientos de traslación en el boleado ya que posee una placa que se levanta antes de la alimentación de 6 unidades de masa por ciclo, luego realiza movimientos giratorios para la formación de bola y desarrollo del gluten en la superficie de la masa. Algunos equipos de similitud se encuentran en la marca LYRA de procedencia italiana en acero inoxidable con producción de 24 unidades de pan/min, siendo poco comercializados debido a que su adquisición es superior a los \$ 35 000.00 dólares.

1.1.2. Problema general

¿Es posible realizar el diseño de una máquina ergonómica boleadora de masas para la industria panificadora en la ciudad de Arequipa?

1.1.3. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo es el diseño de las piezas para que sean eficientes y seguras en la máquina boleadora de masas?
- b) ¿Cuáles son las medidas específicas de las piezas del diseño de la máquina boleadora de masas?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una máquina ergonómica boleadora de masas para la producción de 36 unidades de pan/min.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las funciones y estructuras de las piezas de la máquina boleadora de masas.
- b) Determinar las dimensiones de los componentes de la máquina para la distribución preliminar y general del diseño.

1.3. Justificación e importancia

En la ciudad de Arequipa y en general en el Perú algunas de las industrias panificadoras siguen utilizando maquinarias mecánicas y operaciones unitarias manuales para el boleado de masas de pan, son pocas las empresas que importan maquinaria por el alto costo y tiempo que representa en adquirirse, cuyas dimensiones son grandes para la antropometría de operarios peruanos. En el presente proyecto, se ha diseñado una máquina cuya altura será ajustable a la estatura del trabajador facilitando el abastecimiento de 25 kilos de masa en la tolva, para lo cual se consideró las exigencias de diseño, cálculos en base al diseño, tomar en cuenta los percentiles para la ergonomía de un operario peruano, para la producción de 36 unidades de pan/min con rangos de pesos de masas de 10gr a 200 gr por unidad teniendo un promedio de masa de 30 gramos por pan ya que es el común denominador, se elaboraron los dibujos técnicos de piezas con el programa Solidwork y el presupuesto del costo estimado para el diseño propuesto.

Con la máquina ergonómica se aprovecharán los beneficios mecánicos ajustables a la antropometría peruana, mayor productividad y menor costo en su diseño.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

La máquina boleadora italiana marca LYRA, presenta los siguientes aspectos la medida de altura más alta en la tolva de abastecimiento es 1627mm, el operario peruano tendría que extender sus brazos con un ángulo mayor de 180° sosteniendo un peso promedio de masa de 15 kg para abastecer sobre encima de sus hombro e inclinándose con un ángulo de 40° para recoger el producto boleado, la faja de salida tiene una altura de 80 cm, la flexión y extensión del brazo sería de 120° , no posee una interfaz de hombre- máquina en el que los dispositivos de comunicación faciliten la independencia del operario, dichos aspectos técnicos se relacionan con la ergonomía. Tiene una producción de 24 unidades de pan/ min, una cámara divisora de 2 vías, boleadora de 4 unidades por ciclo.

En la propuesta de diseño, la producción será de 36 unidades de pan /min, con mayor capacidad en la tolva de 25 kg, cámara divisora de 3 vías y boleadora de 6 unidades por ciclo, la altura de todo el equipo será ajustable a la estatura del operario, contará con panel de control, sirena de alarma y semáforo de colores para proceso, atención y parada.

A fin de mejorar la productividad de un modelo que realiza tres operaciones unitarias importantes en el proceso de producción de panes es obtener un diseño que se adopte a las necesidades de operarios peruanos y a un costo accesible.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Productividad

Se relaciona con el trabajo y su uso eficiente de equipos en donde según El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo (INSHT) cuya Norma NTP 912. 2018, indica “La productividad y la prevención de riesgos laborales son acciones derivadas en los procesos, procedimientos y condiciones de trabajo óptimos y eficientes”.

2.2.2. Ergonomía

Según CUENCA, Gabriela (2005). “La ergonomía por concepción tiene por sub-clasificación el diseño ergonómico de productos; las maquinarias toman en cuenta las medidas antropométricas sumando a ello la interfaz de relación Hombre-Máquina”.

2.2.3. Diseño

Según BUYINAS (2012). “Diseñar es obtener un plan para resolver un problema particular. El resultado debe ser, seguro, confiable, funcional, competitivo, fabricado y comercial.

2.2.4. Diseño de Ingeniería

Según ZAPATA (2013). “Es la creación de planos necesarios para que las máquinas, estructuras, sistemas, procesos puedan desarrollar sus funciones, puede ser un diseño matemático”.

El proceso de diseño incluye un esquema cinemático, análisis de fuerzas, diseño de componentes con sus principales propiedades mecánicas tener en cuenta el tiempo de vida, naturaleza de mercado, facilidad de producción, peso, espacio y estética.

A su vez, indica que existen 4 pasos en su proceso:

- a) Definir el problema
- b) Establecer método de diseño, con alternativas de solución a necesidades, eligiendo las alternativas factible o viable.

- c) Diseñar, después de la alternativa seleccionada se inicia a establecer características generales y globales para cada estructura o sistema.
- d) Análisis de resultados, en base a cálculos y dimensionamiento.

2.2.5. Mantenimiento de maquinarias

Según ANCO (1998), “Se debe considerar la simplicidad en el diseño ante la aparición de fallos”.

Los mantenimientos son de tipo:

- a) Mantenimiento correctivo, para defectos y soluciones ante fallas.
- b) Mantenimiento preventivo, actividades planificadas en tiempo y espacio para reemplazar componentes vulnerables, disminuye tiempos de parada y ocioso, generar horas extras para la reparación de máquinas.
- c) Mantenimiento predictivo, identifica variables que puedan causar variaciones indeseables en la operatividad como termómetros, vibrómetros y otros.
- d) Mantenimiento productivo total, utilizado por operarios en la producción de forma rutinaria.

2.2.6. Diseño de máquina Boleadora de masas en la situación Actual

a) Características Técnicas

- Modelo y marca: LYRA
- Peso embalado: 470 kg
- Divisor redondo de 2 hileras para la producción de rollos redondos
- El sistema de dosificación en estrella garantiza un manejo suave de la masa.
- Tolva de acero inoxidable recubierta de teflón para 15 kg de masa.
- Rango de peso de 20-125 gr usando 2 cámaras divisorias intercambiables.
- Se suministra de forma estándar con 1 cámara divisoria, ya sea 20-50 gr o 50-125 gr.
- Ajuste de peso mediante panel de control electrónico con pantalla táctil.

- Memoria de 50 programas.
- Salida por hora ajustable de 1000 a 1800 piezas.
- Proceso de redondeo de 2 etapas.
- Velocidad de redondeo ajustable.



Foto 1 - Boleadora Máquina Lyra

Fuente: LYRA,2017

b) Tolva de alimentación

Permite el ingreso de la masa ya preparada su capacidad nominal es de 15 kg, es el extremo más alto del equipo, con una altura de 1.90 m con respecto al suelo, posee una rejilla de acero la cual se cierra durante el proceso. La tolva tiene forma de trapecio en su parte interna posee dos cuchillas de acero que cortan la masa.



Foto 2- Tolva de Alimentación

Fuente: LYRA,2017

c) Panel de Control

Este modelo cuenta con panel de acceso a la programación, es táctil e intuitivo, su diseño es industrial permite la regulación de la velocidad de salida, el peso del corte de la masa el tiempo de trabajo etc. También se presentan los controles principales que activan las funciones de ventilación, el encendido y el botón de limpieza.



Foto 3 - Panel de Control

Fuente: LYRA,2017

d) Vías de recepción y pesado de masas

Presenta 2 vías en forma de cajas rectangulares con un orificio de entrada para la caída de la masa cortada. Dan lectura de cuantos gramos pesa cada masa girando hacia adelante para que caiga sobre una faja que alimenta a la cámara de boleado. Debe mantenerse limpia y asegurarse que no queden residuos que sumen en el peso de la masa.



Foto 4: Vías para el pesado de masa

Fuente: LYRA,2017

e) Porta Placa boleadora y Placa boleadora

En la siguiente, se muestra la placa y porta placa boleadora que trabajan en conjunto, la placa boleadora tiene un acople rápido lo cual permite su desarmado o armado rápido para situaciones de limpieza.

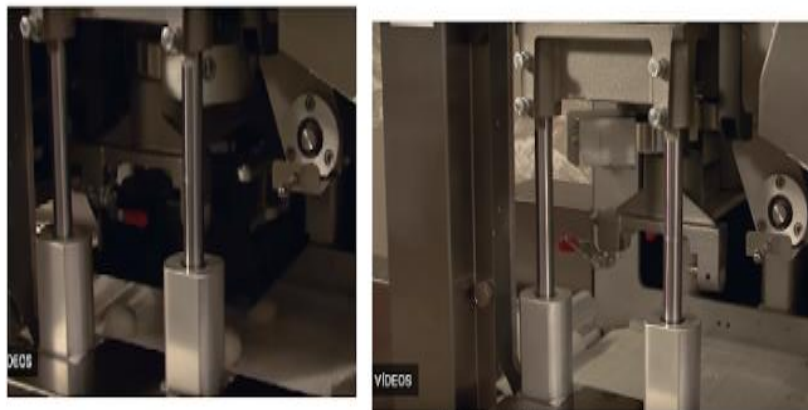


Foto 5 – Porta placa Boleadora

Fuente: LYRA,2017

La placa boleadora la cual tiene capacidad de procesar 4 masas trozadas al mismo tiempo, su material liviano está recubierto de teflón lo que le hace adecuado para su uso en productos alimentarios.

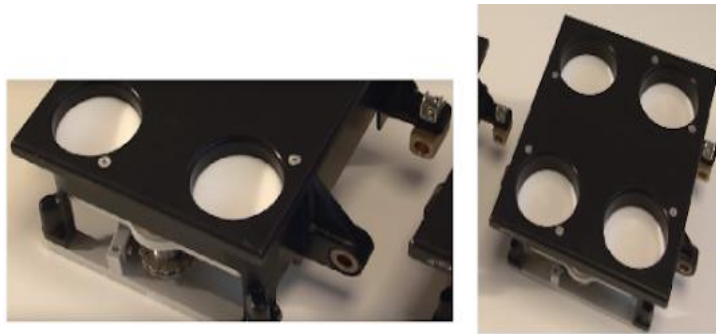


Foto 6 - Placa Boleadora

Fuente: LYRA,2017

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Antropometría

Se refiere a las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones toma como referencia diversas estructuras anatómicas, sirviendo de herramienta a la ergonomía con el objetivo de adaptar el entorno a las personas. (ALEXANDROV,1976).

La antropometría que mide las diferencias de estructuras del cuerpo humano, en diferentes posiciones y sin movimiento se denomina estática; mientras que aquella que considera las posiciones resultantes del movimiento llamada biomecánica se denomina dinámica. (MONDELO, 1999).

2.3.2. Medidas Antropométricas

Las medidas del cuerpo dependerán de la aplicación funcional y guarda relación con la viabilidad económica del estudio. (SIRVENT, J. Y GARRIDO, R, 2009). Ver Anexo 1.

2.3.3. Diseño Antropométrico

Existen tres principios (MARTINEZ, J. 2010):

a) Principio del diseño para extremos

El diseño se adapta a los individuos que se encuentren en uno u otro extremo de la dimensión antropométrica es utilizado cuando el valor extremo no es tan distinto como para alterar el diseño.

b) Principio del diseño para un intervalo ajustable

Está en función de las dimensiones del usuario, el operario ajusta el equipo a su medida, implica un costo mayor. Se determinan los límites del intervalo empleando las dimensiones extremas de las medidas antropométricas relevantes. Este se utilizó en el presente proyecto.

c) Principio del diseño para la media

Se adapta el diseño a la media de la población.

2.3.4. Percentiles

El valor del *P5* representa la medida más pequeña mientras que el *P95* representa la medida más grande; se aproxima al 90% de la población. Y en otras dimensiones se diseña considerando el percentil 50, *P50* (DESAI, 2016).

2.3.5. Flexión

La flexión es el movimiento en el que las partes del cuerpo se aproximan entre sí en dirección anteroposterior, paralela al plano sagital. (MACHADO 2017).

2.3.6. Extensión

Alejamiento de miembros superiores o inferiores. (STAUGAARD,1998).

2.3.7. Movimiento cubito- radial

Es un movimiento donde el radio gira sobre el cúbito y éste sobre su eje de la mano. (HERNANDEZ, 1999).

2.3.8. Pronación

El radio está especialmente diseñado para girar en las articulaciones del codo y la muñeca en el cúbito (DUBROE ,2016).

2.3.9. Supinación

La palma quede mirando arriba.

2.3.10. Tolva

Se utiliza como suministro de materias primas, de acero inoxidable y forma de trapecio.

2.3.11. Cámara divisora de masas

Piezas asignadas para el corte de masas a presión, los cortes se receptionan en cajas pequeñas llamadas vías.

2.3.12. Caja Boleadora

Conjunto de piezas asignadas para sobar la masa con movimientos oscilatorios y pequeñas vibraciones, contiene una placa con orificios para dar forma redonda simultáneamente a las masas de productos de panificación en cuyo proceso se acciona el gluten natural de la materia en transformación y su salida es mediante una faja.

2.3.13. Boleadora

Máquina con sistema integrado por tres operaciones de pesado, corte y boleado de masas.

2.3.14. Máquina ergonómica Boleadora

Modelo peruano con capacidad de ajustes de altura e implementación de dispositivos para interfaz hombre- máquina.

2.3 Trabajos Previos o antecedentes

García L., Ricardo A. (2019). Diseño de una máquina amasadora y laminadora automática de masa para pan. Universidad de San Pedro de Paula Santander. Colombia.

Para el caso de la distancia entre centros calculada matemáticamente en cada una de las etapas de los engranes, se comprobó que cada una cumple con la distancia mínima requerida. Utilizó software Solidworks, la cual es una herramienta importante para obtener una idea más clara de las piezas que contienen el prototipo y así determinar cuáles serán los componentes que están sometidos a mayores esfuerzos.

ESPINOZA M, Carlos y Martínez L, Ernesto (2017). *Diseño y construcción de una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 kg hora de producción.* (Tesis de Título de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción) Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil- Ecuador.

La máquina amasadora de pan opera 50 kg/20 min. Realiza un Diseño de Forma, Diseño Mecánico del eje, Características del Material, Diseño estático, Diseño dinámico, Flexión alternante, Torsión continua, utiliza el programa SOLIDWORKS para el bosquejo de planos del diseño.

YÁÑEZ E., Isaac (2017). *Investigación “Diseño de divisora boleadora de masa adaptada a la realidad del Ecuador para la incrementación de la productividad del mercado panadero de producción mediana”.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Se ha desarrollado una divisora boleadora manual, permitiendo que el usuario sea quien utilice la fuerza y el control de ésta, buscando que la máquina

interactúe con el panadero con una extensión de sus capacidades humanas. Del cual se ve el manual de funcionamiento y planos técnicos. En este sentido la operatividad está en función del esfuerzo del trabajador.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

La metodología propuesta en la presente investigación está basada en la Asociación Alemana de Ingenieros VDI 2221 y VDI 2225 Metodología de Diseño en Ingeniería en el cual sus directrices poseen la estructura y coherencia al plan metodológico de diseño (SOVERO,2017).

La VDI 2221 conocida como Enfoque sistemático en el diseño de sistemas técnicos y de productos, este es útil para el diseño de equipos.

El método de diseño se puede desarrollar en 4 fases:

Fase I: Definir el problema.

Fase II: Desarrollar conceptos de solución

Fase III: Desarrollar diseño

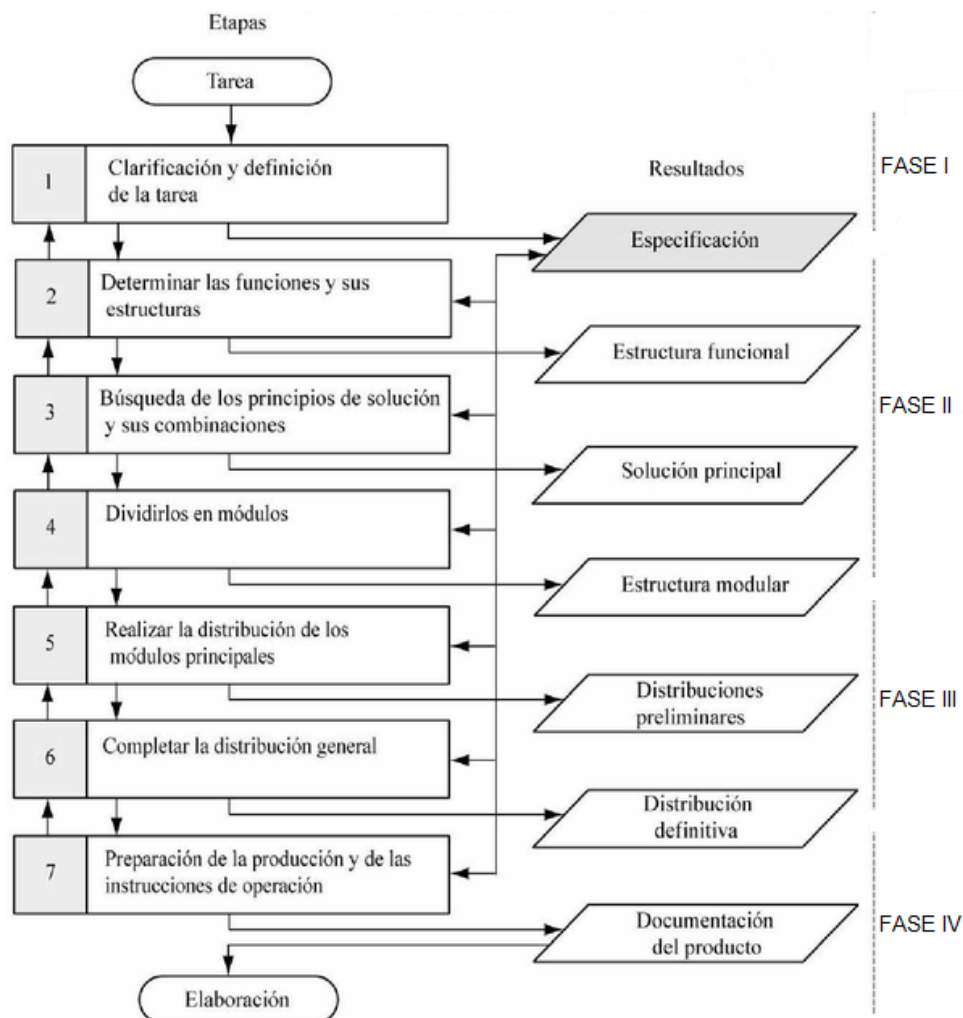
Fase IV: Elaboración de detalles del diseño

La estructura se basa en siete etapas:

- La etapa I, se trata de la especificación
- La etapa II, determina las funciones y estructuras requeridas del diseño.

- La etapa III, se hace una búsqueda de principios de solución para todas las funciones secundarias, y éstas se combinan de acuerdo con la estructura global de funciones en la solución principal.
- La etapa IV, se dividen en módulos y una estructura que representan la descomposición de la solución en ensambles fundamentales.
- La etapa V, se desarrollan módulos claves en un conjunto de arreglos preliminares.
- La etapa VI, se hace un ajuste definitivo.
- La etapa VII, se tienen los documentos del producto final.

Ver esquema 1.



Esquema 1: Etapas del diseño

Fuente: Proceso de Diseño VDI 2221

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Diagnóstico de la máquina actual

- La producción es muy lenta con una maquina boleadora de dos filas
- La producción máxima es de 4 unidades por ciclo.
- Posee una cinta transportadora angosta.
- Posee una tolva de alimentación de acero inoxidable con capacidad de 15 kg de masa.
- La dosificación tiene regulación de la compresión en las cámaras de porción con el peso deseado para las vías.
- Posee 2 cámaras intercambiables puede tronzar de 20 a 160 gr de masa las deseadas para el estándar son de 30 gramos.
- Posee dos fajas de transporte uno a la salida de la cámara divisora y otro a la salida del producto boleado.
- Gramaje tiene 40-160 gr con el modelo S.
- Después de determinar el peso, la porción de masa sale y entra al redondeo del boleado.
- El boleado se hace en 2 fases, se ajusta la velocidad de redondeo y amplitud y su salida es en una cinta transportadora.
- No posee dispositivos informativos para interfaz audible y visual. Solo panel de control mediante pictogramas. Controlada mediante PLC.
- Máquina en acero inoxidable.
- Potencia eléctrica de 0.75 KW
- Peso total de la máquina 300 kg

4.2. Identificación de requerimientos

4.2.1. Estructura de modelo en módulos realizables

Para realizar el diseño de la máquina ergonómica boleadora se realizará una lista de exigencias que permita dar las referencias para el diseño de las piezas claves para que la máquina tenga capacidad de producción deseada.

Tabla 1

Lista de exigencias

| Lista de Exigencias | | | |
|--|--------------------------------------|---|-----------------|
| Proyecto: DISEÑO DE UNA MÁQUINA ERGONÓMICA BOLEADORA DE MASAS PARA LA INDUSTRIA PANIFICADORA, AREQUIPA 2019. | | | |
| Nro. de Identificación: | | Redactado por: Mauricio Ari Ari | Fecha: |
| Características | Deseo (D) o exigencias (E) | Condiciones | Responsables |
| Función Principal | E | Aumentar la producción de masa boleada de 24 a 36 unidades de pan/min con capacidad de ajustes en altura e implementación de alarma, semáforo, panel de control en el equipo. | Mauricio Ari A. |

| | | | |
|------------|---|--|-----------------|
| Geometría | E | Las vías pasaran de ser 2 a 3. La placa boleadora pasará de 4 a 6 compartimientos, la capacidad de la tolva también aumentará de 15 a 25 kg para cubrir la mayor exigencia. | Mauricio Ari A. |
| Cinemática | E | Se realiza movimientos estáticos en el corte de la masa en la tolva, pesado de masas que se realiza por dosificación de porciones en las 3 vías y movimientos de traslación en el boleado ya que posee una placa que se levanta antes de la alimentación de 6 unidades de masa por ciclo, luego realiza movimientos giratorios para la formación de bola y desarrollo del gluten en la superficie de la masa medidos en rpm. | Mauricio Ari A. |
| Fuerza | E | La máquina debe ser resistente para soportar el suministro de 25 kilogramos de masa, además de soportar las vibraciones que también ocurrirán con la velocidad deseada. | Mauricio Ari A. |
| Energía | E | La máquina debe accionarse con energía eléctrica del tipo estándar industrial 380 V a 50 Hz en un circuito trifásico y energía hidráulica para gatas hidráulicas con sistema eléctrico y manual con una manivela para el ajuste | Mauricio Ari A. |

| | | | |
|------------------------------|---|---|-----------------|
| | | de altura. | |
| Dispositivos de Interfaz H-M | D | El panel de control debe permanecer de acuerdo a su diseño original, modificando solo lo necesario en el programa debido las variaciones que se realizaran. | Mauricio Ari A. |
| | | La sirena de alarma con un máximo de 60 dB, el semáforo con los 3 colores estándar verde, amarillo, rojo con características técnicas necesarias. | |
| Ergonomía | E | La máquina debe poder adecuarse a la altura deseada del operario para poder abastecer la masa y operar eficientemente. Los dispositivos de interfaz implementados no deben causar malestares audibles, visuales ni táctiles intolerables. | Mauricio Ari A. |
| Fabricación | D | Las piezas deben poder ser fabricadas en talleres de la localidad, y no requerir tecnología especializada. | Mauricio Ari A. |
| Montaje | E | La máquina debe seguir el proceso normal de armado, además de permitir el fácil acceso a los componentes y su colocación o sustracción en el caso de limpieza. | Mauricio Ari A. |

| | | | |
|----------------|---|--|-----------------|
| Transporte | D | La máquina debe poder ser transportada en una camioneta pick up estándar, no se debe requerir ayudas especiales para su movilización tales como montacargas, grúas, etc. | Mauricio Ari A. |
| Mantenimiento | D | El mantenimiento debe ser sencillo y rápido, no se debe requerir herramientas especiales para su mantenimiento, el tiempo de mantenimiento diario no debe ser excesivo para no generar colas ni cuellos de botellas. | Mauricio Ari A. |
| Terreno | D | La máquina no debe variar grandemente su superficie estática su uso requiere de ventilación normal y luz necesaria propia del proceso para panificación. | Mauricio Ari A. |
| Seguridad | E | Tanto el equipo con el operario debe cumplir con los principios expresados en la Ley 29783 no requiere de sobre-esfuerzos para el personal. | Mauricio Ari A. |
| Medio Ambiente | D | La máquina debe mantener los estándares de trabajo a fin de no incurrir en ninguna clase de contaminación ya sea química, acústica o térmica. | Mauricio Ari A. |
| Operación | D | La máquina debe ser operada en su totalidad por un solo operador | Mauricio Ari A. |

| | | |
|-------|---|---|
| | | calificado. |
| Costo | D | El costo de fabricación de las piezas debe ser tal que represente una inversión en vez de un gasto. |

Mauricio Ari A.

Fuente: Propia, 2020

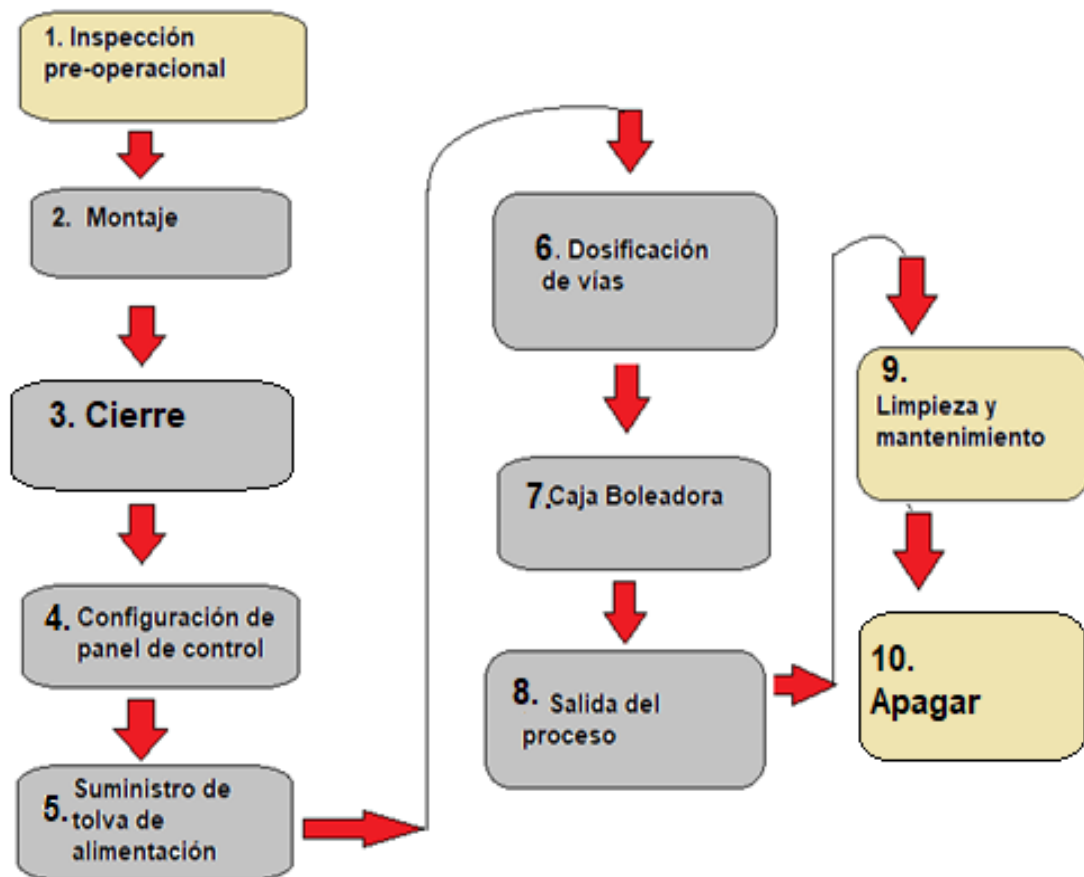
4.2.2. Secuencia de Operaciones

Posee la siguiente secuencia de operaciones para la máquina ergonómica boleadora:

1. Inspección pre-operacional, asegurarse el ajuste de la altura de la máquina y que este fijo.
2. Montaje de tolva de alimentación, vías, placa boleadora.
3. Cierre de la tapa principal de mantenimiento.
4. Configuración de panel de control, se refiere a la programación del proceso de producción según peso deseado para las unidades de pan y la velocidad de revoluciones del boleado, entre otros datos, también se confirma la configuración de los dispositivos de interfaz para la comunicación eficiente entre hombre y máquina, calibrado e inicio de proceso. El software de control esta pre-programado se deberá realizar encontrar la programación adecuada de trabajo. Al tener calibrada la máquina se procede con una producción de prueba, se evalúa y se empieza con el trabajo normal.
5. Suministro a la Tolva de alimentación, su suministro puede ser en partes o como máximo una masa procedente del amasado y/o batido de la masa en

la parte final se cuenta con dos cuchillas de acero para el corte de masas en porciones, contará con la configuración en el panel de control.

6. Dosificación de Vías, posee forma de cajas para recepcionar los cortes de la masa, para luego ser pesadas y computarizadas en el panel de control. Dichas vías pueden ser desmontadas para su mantenimiento de limpieza.
7. Caja Boleadora, se conforma por un sistema de piezas alimentada por una faja de alimentación en donde las vías sueltan unidades/ciclo y cada unidad de masa se acomodan en la placa de boleado durante el movimiento de traslación en el eje x del portador de la placa y realizar movimientos vibratorios en el eje y cuando este sobre las masas. Es desmontable para su mantenimiento y configurable para detener su alimentación, así como la velocidad de las revoluciones en la intensidad del boleado.
8. Salida del proceso, mediante una faja.
9. Limpieza y mantenimiento, configurar en panel y/o de forma manual.
10. Apagar máquina.



Esquema 2: Secuencia de operaciones

Fuente: Propia

4.2.3. Estructura Black Box o caja negra

El proceso técnico conlleva cuatro parámetros básicos y dispositivos de interfaz, energía, materia y ergonomía.

a) Parámetros de entrada

- Dispositivos de interfaz:

Son utilizados para la comunicación Hombre- Máquina, contiene una sirena de alarma, un semáforo y un panel de control, su inicio debe ser activado y sirve para el control del equipo.

- **Energía:**

El suministro eléctrico necesita una tensión de 440 VAC para el motor eléctrico de la unidad hidráulica para el levantamiento y ajuste de la altura de la máquina boleadora al suministrar la tolva y su configuración es mediante panel de control, para el caso de hacer mantenimiento mecánico el ajuste de la altura de máquina se puede realizar de manera manual mediante una manivela y ajustar con pitones la cremallera en las patas de la máquina boleadora.

- **Materia:**

Máquina ergonómica de acero inoxidable que corta, pesa y bolea masas para pan.

- **Ergonomía:**

Mayor confort al suministrar la tolva de forma manual, la flexión y extensión de brazos del trabajador se aproxima a 110°.

b) Parámetros de salida:

- **Dispositivos de interfaz:**

La sirena sonará cuando se prenda y apague el equipo, el semáforo se activará verde en funcionamiento, amarillo en atención en caso de fallas, rojo en caso de finalizar tarea, indica el estado normal del funcionamiento del equipo.

- **Energía:**

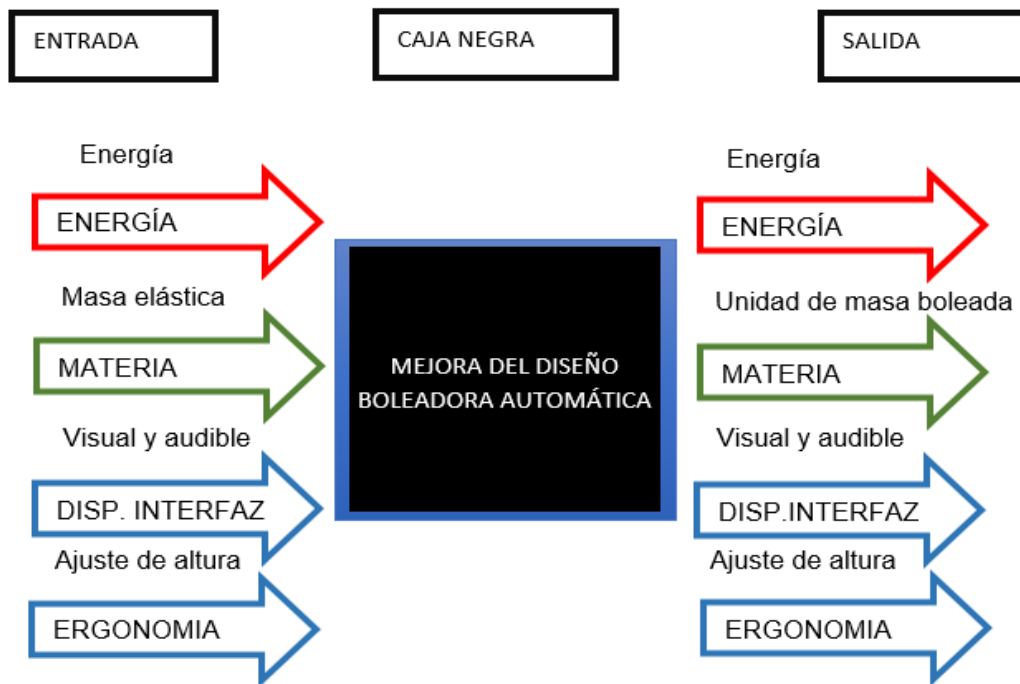
El calor producido por el motor de la máquina.

- **Materia:**

Unidades de masa boleadas

- **Ergonomía:**

El nivel de la faja de salida del boleado es el apropiado para un trabajador de pie en posición normal con los brazos en extensión a 90° para recibir las masas boleadas o si se desea anexar a otra faja transportadora.



Esquema 3: Abstracción del black box boleadora ergonómica

Fuente: Propia

4.2.4. Fijación de procesos técnicos

Montaje:

- Instalación de tolva limpia con placas cortadoras, cámara divisora de vías, placa boleadora rediseñadas.
- Ensamble de componentes.

Preparación:

- Ajustar la altura de la máquina para suministrar materia.
- Ajustar la altura para su funcionamiento normal.
- Pruebas de funcionamiento de arranque al vacío.
- Pruebas de funcionamiento con producto.
- Revisión de la lubricación del equipo.

- Revisión del buen estado de los mecanismos de sistema.

Ejecución:

- Cierre de la tapa frontal.
- Encendido de la máquina.
- Alimentación de la masa por la tolva.
- Apagado de la máquina.

Control:

- Vías fijas se utilizan como dosificadores de masas son cajas que pesan el contenido de masa.
- Verificar que las masas boleadas cumplan con los requerimientos.
- Controlar si existe alguna vibración exagerada.

Fase final:

- Apagado del equipo.
- Limpieza del equipo.

a) Limitaciones

- Para el desmontaje será necesario contar con personal técnico especializado.
- Los sistemas de accionamiento se definirán de acuerdo a una evaluación técnica y económica de los conceptos de solución y al cumplimiento de la lista de exigencias.
- La energía utilizada debe ser eficiente y considerar los aspectos ambientales y de seguridad.
- Los elementos de máquinas serán de fácil adquisición y fabricación local.

- Los elementos a fabricar no serán muy costosos.
- La máquina deberá poseer estabilidad y seguridad.

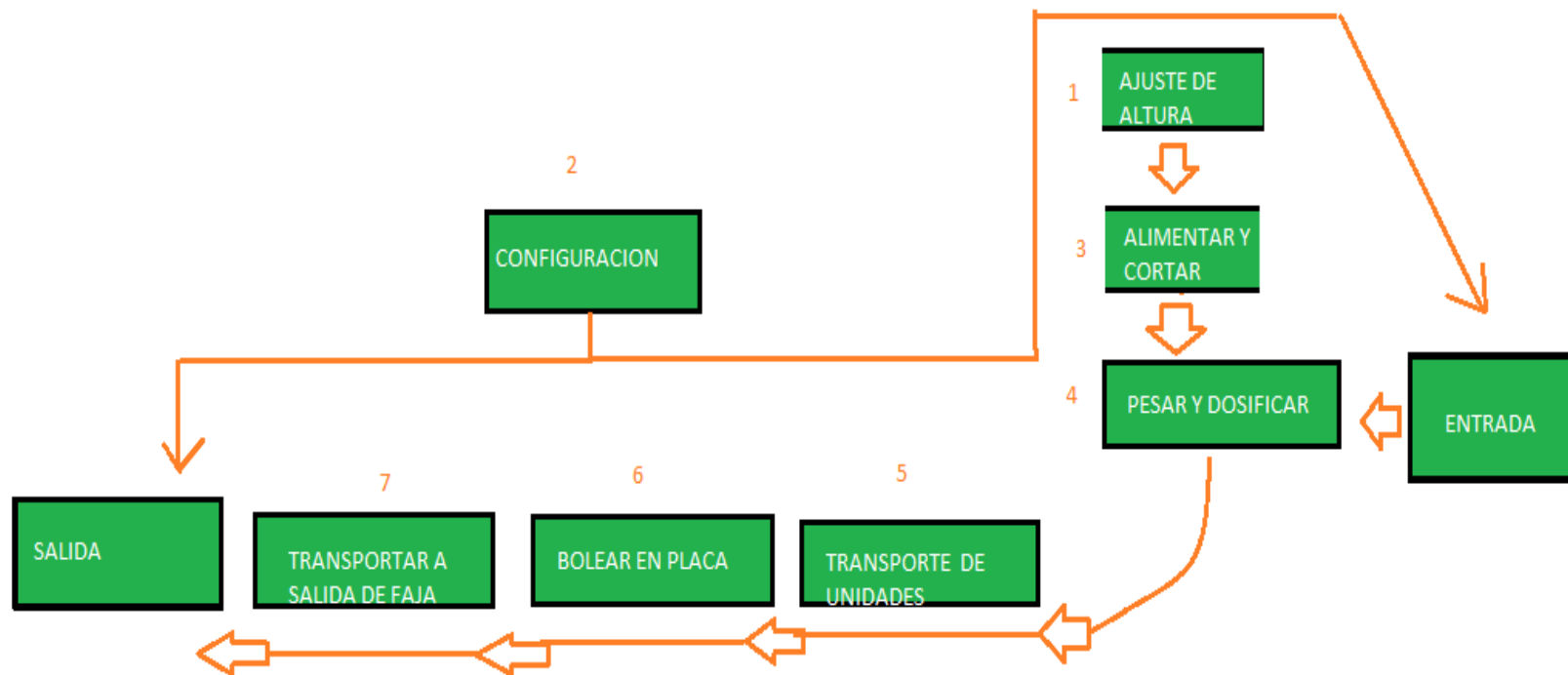
4.2.5. Estructura de funciones

La estructura de funciones para que la máquina realice su trabajo están dispuestas de la siguiente manera. Ver esquema 4.

Entrada

1. Ajuste de altura
2. Configurar
3. Alimentar tolva y cortar
4. Pesar y dosificar masas
5. Transporte de unidades
6. Bolear en placa
7. Transporte para la salida de producto

Salida




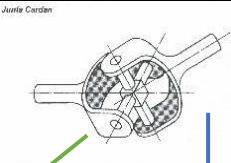

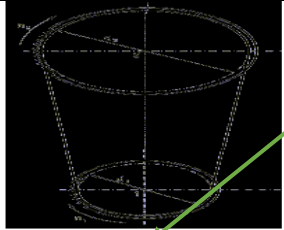
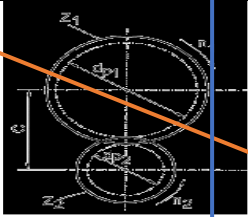
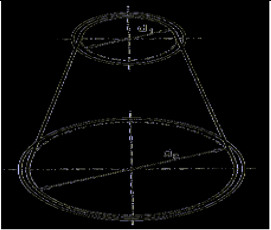
Esquema 4: Estructura de funciones


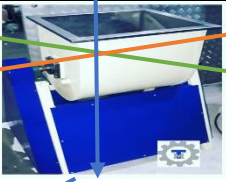




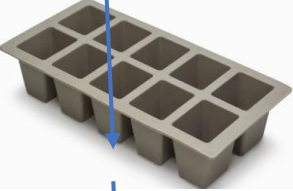
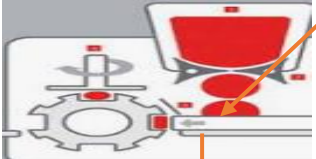

Fuente: Propia

4.3. Análisis de la solución

4.3.1. Determinación del concepto de soluciones (matriz morfológica)

Tabla 2 - Matriz Morfológica de la máquina propuesta

| FUNCIONES PARCIALES | ALTERNATIVA 01 | ALTERNATIVA 02 | ALTERNATIVA 03 |
|---|--|--|--|
| 1.- Acoplar y transmitir energía |  <p>Motor Eléctrico</p> |  <p>Eje cardan</p> |  <p>Engranajes y cadena</p> |
| 2.- Mecanismo de transmisión de movimiento |  <p>Cadena y piñones</p> |  <p>Juegos de engranajes</p> |  <p>Poleas y correas</p> |

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>3.- Recibir la masa</p> |  <p>tolva en forma de trapecio</p> |  <p>tolva mediana rectangular</p> |  <p>Tolva circular</p> |
| <p>4.- Cortar la masa en porciones iguales.</p> |  <p>Molde y cortadora</p> |  <p>Cuchillas de acero inoxidable</p> |  <p>Compuertas para el corte para tolva</p> |
| <p>5.- Cámara de división</p> |  <p>De vías de varias unidades</p> |  <p>vías con pistón y cámara por unidad</p> |  <p>Vías por unidad</p> |
| | <p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN Nº 1</p> | <p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN Nº 2</p> | <p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN Nº 3</p> |

Fuente: Propia

El concepto de solución más apropiado es el N°2

a) Dispositivos de Interfaz Hombre – Máquina

- Visuales:

Según MONDELO (1999) se debe tener en cuenta el tipo de información distinción y comparación, la valoración de la información recibida, la carga de estímulos, la frecuencia y el tiempo disponible de reacción, el tiempo compartido entre la persona y la máquina para dar respuesta, interferencias y la compatibilidad entre trabajador y máquina. Ver tabla 1.

Tabla 3. Principales cualidades para panel de control

| | Principales cualidades de DIV |
|----|---|
| 1 | Su precisión ,exactitud. |
| 2 | Las escalas numéricas con factores múltiples de 10. |
| 3 | Las divisiones de las escalas deben ser 1,2 y 5. |
| 4 | En las escalas sólo deberán aparecer números en las divisiones mayores. |
| 5 | La lectura de los números deben ser en posición vertical |
| 6 | El Tamaño de las marcas debe de estar de acuerdo con la distancia visual |
| 7 | Siempre que se pueda se deben sustituir los números por zonas identificadas por colores o por letras |
| 8 | Combinar estas lecturas con dispositivos sonoros de advertencia previa. |
| 9 | Las dimensiones de las letras y números se deben adecuar a la distancia de visión y a la agudeza visual de los destinatarios. |
| 10 | EL contraste debe ser superior al 75-80%. |
| 11 | Respecto a las formas se recomienda utilizar: triangulo, circulo, estrella, rombo, y semicírculo |
| 12 | Ubicar dentro del campo visual y tener en cuenta los desplazamientos en el puesto. |

Fuente: MONDELO (1999)

Otras consideraciones técnicas para la elección del panel de control:

Tabla 4 - Consideraciones técnicas para la interfaz H-M semáforo industrial

| Consideraciones técnicas para la interfaz H-M visual o DIV | BAJO | MEDIA | ALTO |
|---|-------------|--------------|-------------|
| 1. Tipo de DIV | | | X |
| 2. Importancia | | | X |
| 3. Frecuencia de uso | | X | |
| 4. Densidad y características de otros DIVs existentes en el puesto | | X | |
| 5. Carga visual del operario | | X | |
| 6. Posible agrupamiento con otros DIVs según su función. | | | |
| 8. Lecturas y secuencias. | | | X |
| 9. Dimensiones y geometría del puesto de trabajo | | X | |
| 10. Esfuerzo mental | | X | |
| 11. Esfuerzo de trabajo físico | X | | |
| 12. Movilidad del usuario en el puesto | | X | |
| 13. Nivel de atención y concentración de la persona en su tarea | | | X |
| 14. Ambientes visual y acústico existentes | | X | |
| 15. Posibles interferencias con los puestos de trabajo vecinos. | | X | |

Fuente: Propia

El Modelo de panel de control a implementarse es el Artezen- Dough de 7 pulgadas de ancho.

- Audibles (sirena alarma)

El ruido de fondo provoca ciertas molestias, entre ellas fatiga, pérdida de la concentración y errores, el ruido de la máquina ergonómica no pasará de 70 dB(A) y el sonido emitido en el computador que emite ultrasonidos de 15 – 16 kHz. Las consideraciones técnicas en la elección son:

1. Es temporal
2. Independencia para el trabajador
3. Resistencia al cansancio.
4. Llama más la atención
5. Se puede utilizar con dispositivos visuales.
6. Su nivel de presión sonora debe estar 10 dB por encima del ruido de fondo.

El modelo a utilizar es de la marca Werma Signaltechnik monitorizado de 70 dB y un semáforo industrial LED 894/494 de montaje en tubo mediante adaptador de accesorios.

b) Ergonomía del movimiento del trabajador

Tabla 5

Calificación ergonómica de posturas del trabajador peruano

| | Situación Actual | | Situación Propuesta |
|--|------------------|---|---------------------|
| • Posición del brazo: Hombro flexionado A >90° | Malo | • Posición del brazo: Hombro flexionado a 90° | Bueno |
| • Posición del antebrazo: Codo flexionado a >90° | Malo | • Posición del antebrazo: Codo flexionado a >70° | Bueno |
| • Posición de la muñeca: Muñeca en una inclinación radial de pronación > 20° y supinación | Malo | • Posición de la muñeca: Muñeca en una inclinación radial de <20° y supinación | Bueno |

| | | | |
|---|-------|--|-------|
| • Posición del cuello: Cuello extendido a >10° | Malo | • Posición del cuello: Cuello flexionado a 10° | Bueno |
| • Posición del tronco: Tronco flexionado a >45° | bueno | • Posición del tronco: Tronco flexionado a 0° | Bueno |
| • Posición de las piernas: De pie con peso distribuido en ambas piernas. | Bueno | • Posición de las piernas: De pie con peso distribuido en ambas piernas. | Bueno |
| • Posición del brazo: Hombro flexionado a 90° | Bueno | • Posición del brazo: Hombro flexionado a 90° | Bueno |
| • Posición del antebrazo: Codo flexionado a 70° | Bueno | • Posición del antebrazo: Codo flexionado a 70° | Bueno |

Fuente: Propia

Tabla 6
Calificación de medidas antropométricas

| Trabajadores | Estatura | Alcance Vertical máximo | Altura muñeca parado |
|-----------------|----------|-------------------------|----------------------|
| 1 | 168 | 205 | 81 |
| 2 | 158 | 198 | 78 |
| 3 | 165 | 204 | 79 |
| 4 | 170 | 210 | 82 |
| 5 | 167 | 206 | 81 |
| 6 | 168 | 204 | 81 |
| 7 | 170 | 212 | 82 |
| 8 | 165 | 204 | 80 |
| Promedio | 166 | 205 | 81 |

Fuente: Propia

La diferencia de estatura promedio entre un operario europeo con uno peruano es de 15 cm a más entre las edades de 20 a 60 años, se hicieron las medidas antropométricas de 8 operarios y de acuerdo a un diseño por ajustes y los percentiles P50 y P95, el ajuste de las patas de la maquina será de 10 cm en la que la el personal no tenga que hacer sobreesfuerzos al abastecer masas de 25 kilogramos y la altura de sus ojos este entre 0

a 40° de la vista con respecto al panel de control , la altura de la muñeca también se encuentre en una altura confortable para el momento de retirar las masas boleadas a la salida de la faja y los movimientos cubito radial causen menor cansancio.

4.4. Diseño

4.4.1. Diseño de máquina Boleadora de masas en la situación Propuesta

Para realizar el diseño fue necesario ensamblar varias piezas dibujadas con anterioridad en el programa Solid Work.

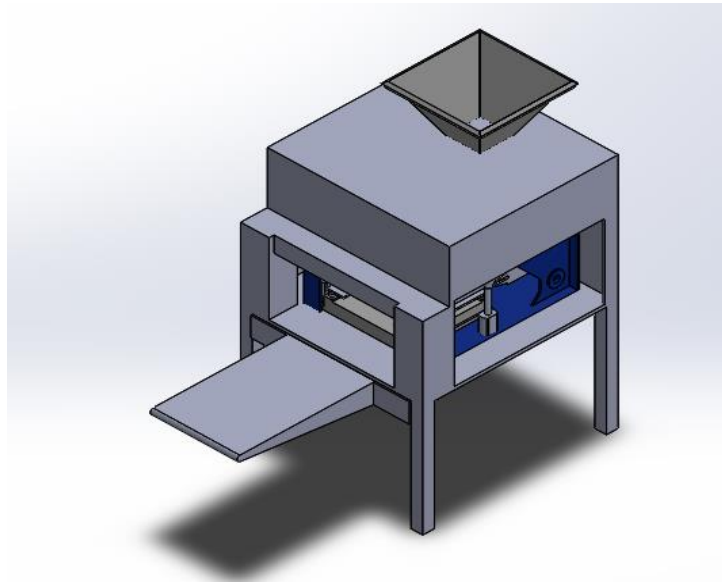


Figura 1 - Maquina Lyra Diseño en SolidWorks

4.4.2. Selección de Materiales

La máquina boleadora de masas se construirá con los siguientes materiales:

- Plancha metálica para carcasa acero inoxidable AISI - 304 espesor 1 mm
- Plancha metálica para tolva acero inoxidable AISI - 304 espesor 1 mm
- Tornillos ISO 10642 – M6 x 10 acero inoxidable
- Placas cortadoras acero inoxidable
- Tubo cuadrado metálica para patas de soporte de la máquina boleadora
- Faja transportadora

- Poleas
- Eje de la boleadora acero inoxidable
- Correa trapezoidal en "V"
- Rodamientos skf 4307 ATN9
- Un motor trifásico 380 V, 0.5 HP, 50 HZ
- Ruedas con seguros
- Pernos y tuercas 5/16"x1"

4.4.3. Análisis Estructural

4.4.3.1. Calculo de la tolva de alimentación



Figura 2 – Masa
Fuente: Propia

Peso: 30 gramos

Harina San Blas densidad:

$$D = 1.57 \text{ g/cm}^3$$

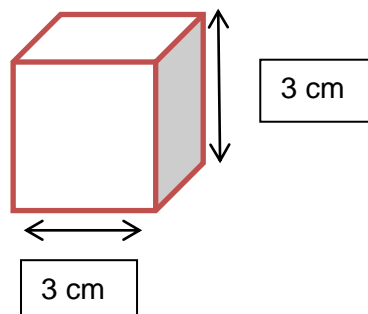


Figura 3 – Cubo de medida de la bola de masa

Fuente: Propia

$$\text{Volumen} = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{30 \text{ g.}}{1.57 \text{ g/cm}^3}$$

$$\text{Volumen} = \frac{30 \text{ g.}}{1.57 \text{ g/cm}^3} = 19.10828 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen} = l^3$$

$$l = \sqrt[3]{19.10828 \text{ cm}^3}$$

$$l = 2.67 \text{ cm}^3$$

$$l = 3 \text{ cm}$$

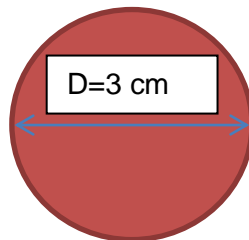


Figura 4 – Circulo de la medida de la bola de masa

Fuente: Propia

4.4.3.1.1. Dimensiones de la tolva

$$\text{Volumen} = \frac{25 \text{ Kg.}}{1.57 \text{ g/cm}^3}$$

$$\text{Volumen} = \frac{25 \times 1000 \text{ g.}}{1.57 \text{ g/cm}^3}$$

$$\text{Volumen} = 15923.567 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen} = l^3$$

$$l = \sqrt[3]{15923.567 \text{ cm}^3}$$

$$l = 25.16 \text{ cm} = 251.6 \text{ mm}$$

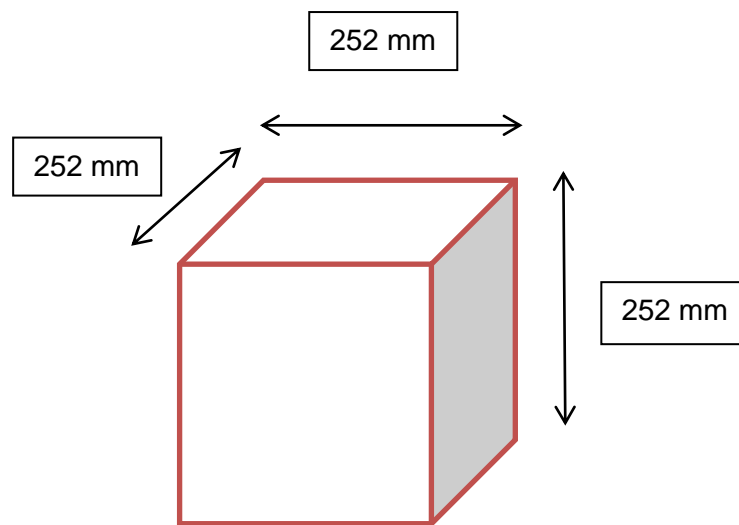


Figura 5 – Cubo de la medida de la tolva

Fuente: Propia

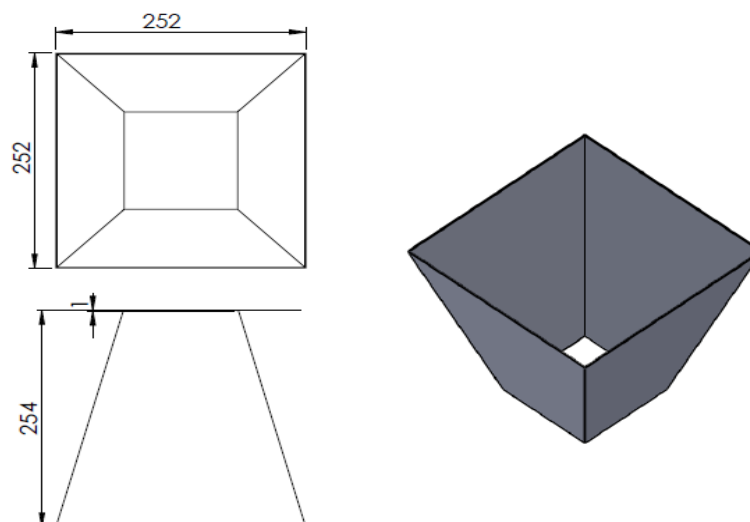


Figura 6 – Medidas de la tolva

Fuente: Propia

4.4.3.1.2. Cálculo de boleadora

Asumimos medidas de la Tolva:

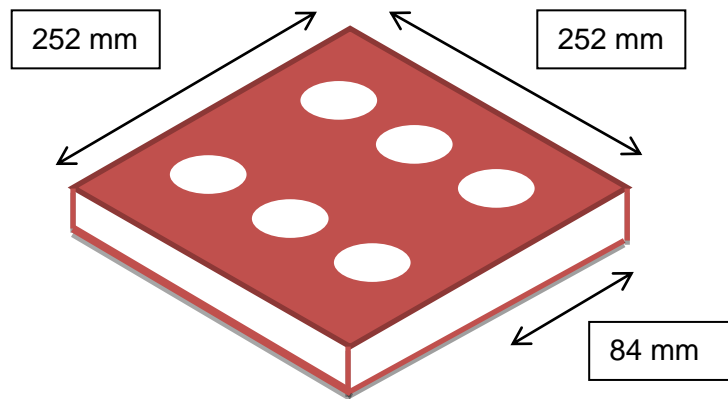


Figura 7 – Medidas de la boleadora

Fuente: Propia

4.4.3.2. Desarrollo del cálculo para hallar la potencia requerida

4.4.3.2.1. Potencia en arranque del motor

$$P = \frac{Mt * 2 * \pi * n}{750 * 60}$$

$$I = \sum m * r^2$$

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

$$Mt = I * \alpha$$

P = potencia del motor (Hp)

Mt=momento torsor (N*m)

n= velocidad (rpm)

I = inercia (kg*m²)

α = aceleración angular (rad/seg²)

W = velocidad angular (rad/seg)

T = tiempo de partida del motor (s)

m = masa (kg)

r = radio de centro de masa a una línea.

4.4.3.2.1.1. Cálculo de la aceleración angular

$$\alpha = \frac{W}{t}$$

t = tiempo de partida del motor 3.5 segundos

n = 25 ciclos por minuto = 25 rpm

$$W = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

$$W = \frac{2 \times \pi \times 25}{60} = 2.618 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{2.62}{t}$$

$$\alpha = \frac{2.62}{3.5} = 0.75 \text{ rad/s}$$

4.4.3.2.1.2. Cálculo de la inercia

M₁ = peso de la masa 0.03 kg.

M₂ = peso del plastico 2.5 kg.

$M_3 = \text{peso de la polea } 3 \text{ kg.}$

$$I = \sum m \times r^2$$

$$I_1 = 6 \times 0.03 \text{ kg} \times (0.11 \text{ m})^2 = 0.002178$$

$$I_2 = 2.5 \text{ kg} \times (0.14 \text{ m})^2 = 0.049$$

$$I_2 = 3 \text{ kg} \times (0.15 \text{ m})^2 = 0.0675$$

$$I = 0.12 \text{ kg m}^2$$

4.4.3.2.1.3. Momento torsor teórico

$$M_t = I \times \alpha$$

$$M_t = 0.12 \times 0.75 = 0.09 \text{ N.m}$$

4.4.3.2.1.4. Hallando la relación de velocidad

$$N_4 = 25 \text{ rpm}$$

$$N_3 = 25 \times 5 = 125 \text{ rpm}$$

$$N_2 = 125 \text{ rpm}$$

$$N_1 = 25 \times 25 = 625 \text{ rpm}$$

$$i = \frac{N_3}{N_4} \times \frac{N_1}{N_2} = 25$$

4.4.3.2.1.5. Cálculo del momento torsor real

Para hallar el momento torsor real se calcula con la siguiente formula:

$$M_{tr} = \frac{M_t}{i \times n_{mec}}$$

Donde:

n_{mec} = es el rendimiento mecánico de las poleas (0.6)

$$M_{tr} = \frac{0.09}{25 \times 0.6} = 0.01 \text{ Nm}$$

4.4.3.2.1.6. Cálculo de la potencia

$$P = \frac{M_t \times 2 \times \pi \times n}{750 \times 60}$$

$$P = \frac{0.09 \times 2 \times \pi \times 625}{750 \times 60}$$

$$P_{\text{motor de arranque}} = 0.0079 \text{ hp}$$

4.4.3.2.2. Potencia del régimen

$$P_M = \frac{M_f \times 2 \times \pi \times n}{75 \times 60 \times Q}$$

$$W = \text{ctte.}$$

$$M_{\text{carga}} = P_{\text{pla}} + P_{\text{polea}} \times g \times r \times U_f$$

$$M_{\text{carga}} = 5.5 \times 9.81 \times 0.14 \times 0.1 = 0.75 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

$$i = 25$$

$$M_f = \frac{0.75 \text{ N} \cdot \text{m}}{25 \times 0.6} = 0.05 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$PM = \frac{M_f \times 2 \times \pi \times n_{\text{motor}}}{750 \times 60}$$

$$PM = \frac{M_f \times 2 \times \pi \times n_{\text{motor}}}{750 \times 60}$$

$$PM = \frac{0.05 \times 2 \times \pi \times 625}{750 \times 60}$$

$$PM = 0.00436 \text{ HP}$$

$$P_{\text{motor en regimen}} = 0.0044 \text{ HP}$$

P motor en arranque \geq p motor en régimen.

$$0.0079 \text{ hp} \geq 0.044 \text{ hp}$$

Por lo tanto, elegimos la potencia de arranque.

$$0.0079 \text{ hp}$$

Como no es posible encontrar en el mercado potencias de baja normalizamos al más bajo.

$$P = 0.5 \text{ hp}$$

4.4.3.3. Cálculo y selección de correas

4.4.3.3.1. Selección de poleas

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

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{D_4}{D_3}$$

$$N_4 = 25 \text{ rpm}$$

$$N_3 = 25 \times 5 = 125 \text{ rpm}$$

$$N_2 = 125 \text{ rpm}$$

$$N_1 = 25 \times 25 = 625 \text{ rpm}$$

$$D_4, D_1 = 134 \text{ mm } D_3, D_4 = 27 \text{ mm}$$

4.4.3.3.2. Cálculo y dimensionamiento de correas

Datos:

$$Pot = 0,5 \text{ Hp}$$

Calculo de la potencia corregida

$$Potk = ks * Pot$$

$$Potk = 1 * 0,5 = 0,5$$

Tabla 7 – Factor de servicio fs

Tabla 18 - Factor de servicio fs.

| Máquina Movida | Máquina Motriz | | | | | |
|---|--|----------|----------|--|----------|----------|
| | Motor eléctrico sincrónico. Motor de combustión interna multicilindro. Turbinas. | | | Motor eléctrico de alto par. Motor de combustión interna monocilindro. | | |
| | 8 h/día | 16 h/día | 24 h/día | 8 h/día | 16 h/día | 24 h/día |
| Carga ligera Agitadores de líquidos. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de banda. Ventiladores. Máquinas herramientas de corte continuo. | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.3 |
| Carga normal Bombas y compresores de 3 y más cilindros. Transportadores de cadena. Fresadoras. | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| Carga pesada Bombas y compresores de uno y dos cilindros. Elevadores de cangilones. Cepilladoras y mortajadoras. | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 |
| Carga muy pesada Mecanismos de elevación de grúas. Prensas. Cizallas. | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.8 |

Fuente: Diseño de elementos de máquina Robert L. MOTT

Tipo de correa = Z

$$a=10 \text{ mm}$$

$$h=6 \text{ mm}$$

$$ap= 8,5 \text{ mm}$$

$$d1 > d_{min}$$

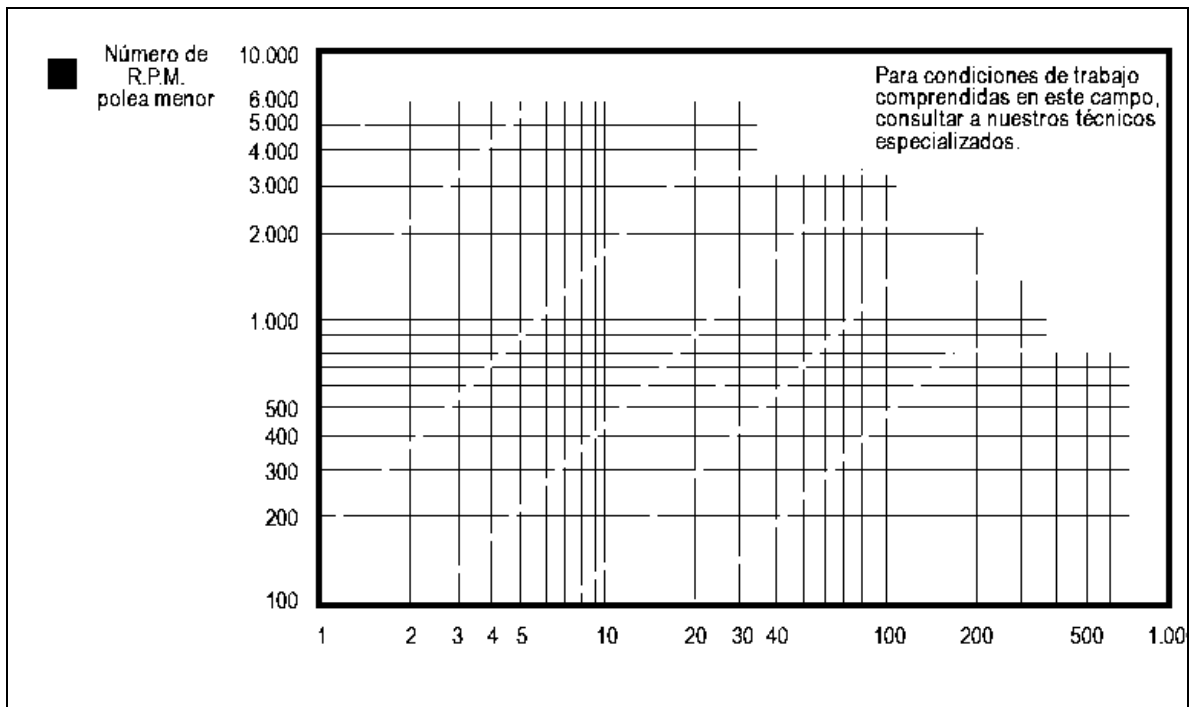


Figura 8 – Número de R. P. M. Polea

Fuente: Diseño de elementos de máquina Robert L. MOTT

$$i = \frac{6}{30} = \frac{1}{5}$$

$$L = 2C + \pi \times \frac{(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4c} = 2 \times 400 + \pi \frac{(300 + 60)}{2} + \frac{(300 - 60)^2}{4 \times 400}$$

$$L = 1401,5 \text{ mm}$$

Por tablas: Correa N° 54 [in] entonces

$$L_p=1397 \text{ [mm]}$$

Distancia de centros real:

$$C=397,65 [mm]$$

Factor de longitud

$k_l=1.0$ De tablas f (N° correa)

$$\theta d=180-2\text{sen}^{-1}(D-d/2C) =180-2\text{sen}^{-1}(300-60/(2*397,65)) = \theta d=144,87^\circ$$

Factor de corrección = 0,90

$$Pot_{ud} \rightarrow 0,57+0,09=0,66$$

$$N \geq Pot_k / k_\theta k_l Pot_{ud} = 0,5 / (0,9 * 1 * 0,66) = 0,84 \cong 1$$

POLEA MOTOR-EJE

$$M_t = (75 * Pot) / (2\pi n / 60) = (75 * 0,5) / ((2\pi * 1400) / 60) = 0,2558 [Nm]$$

$$M_t = (T_1 - T_2) (\phi_1 / 2) \rightarrow 0,2558 = (T_1 - T_2) (0,06 / 2)$$

$$T_1 = 8,5267 + T_2$$

$$T_1 = T_2 e^{\mu\theta}$$

$$\theta = 144,87^\circ \rightarrow 2,528 \text{ rad}$$

$$\mu = 0,5123$$

$$T_1 = T_2 e^{1,2953}$$

$$T_1 = 8,5267 + T_2$$

$$T_1 = T_2 e^{1,2953}$$

$$T_1 = 11,7418 [N]; T_2 = 3,2151 [N]$$

$$T = T_1 + T_2 = 14,9569 [N]$$

$$T = 14,9569 [N] \sim 15 [N]$$

POLEA EJE-BOLEADORA

$$Mt=(75*Pot) / (2\pi n/60) = (75*0,5) / ((2\pi*280) / 60) =1,28 [Nm] T1=58,67 [N]$$

$$T2=16,09 [N]$$

$$T=T1+T2=74,76 [N]$$

$$T=74,76 [N] \sim 75[N]$$

4.4.3.4. Dimensionamiento del eje

4.4.3.4.1. Dimensionamiento por estática

Se dimensionará los aplicando estática:

$$T1=\sin 15=10.6N$$

$$T2=75N$$

$$T3=29N,$$

$$T4=10N$$

$$T5=\cos 15=10.6N$$

$$R1=15cm$$

$$R2= 3cm$$

$$MT1=MT2=127Ncm$$

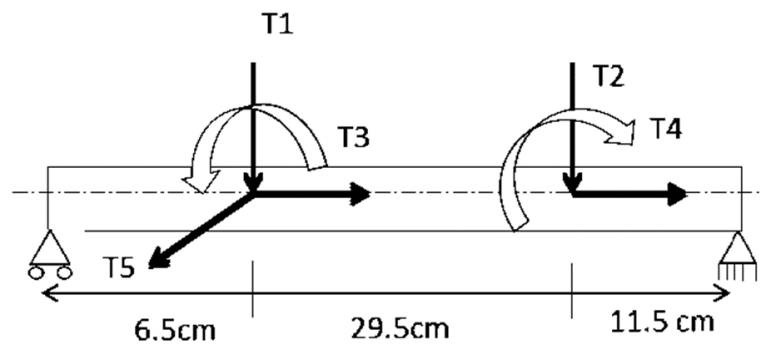


Figura 9 – Dimensionamiento del eje que acciona a la boleadora

Fuente: Propia

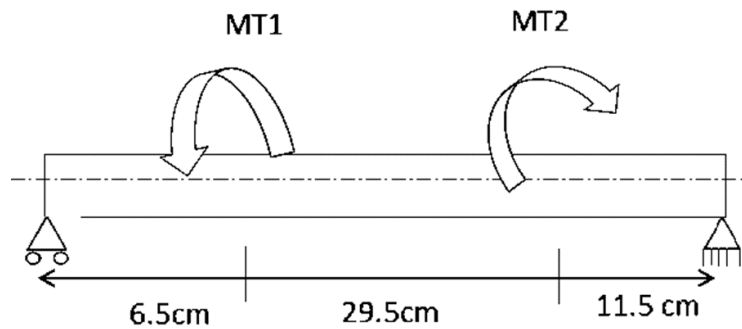


Figura 10 – Dimensionamiento del eje

Fuente: Propia

PLANO X-Y

Usando el software de MDSolids 4.0 se calculó el momento flector y fuerza cortante en los ejes.

Calculo de las reacciones:

$$RBX=T3+T4=39N$$

$$RA=T1+T2 = 85.6N$$

$$\Sigma M=0$$

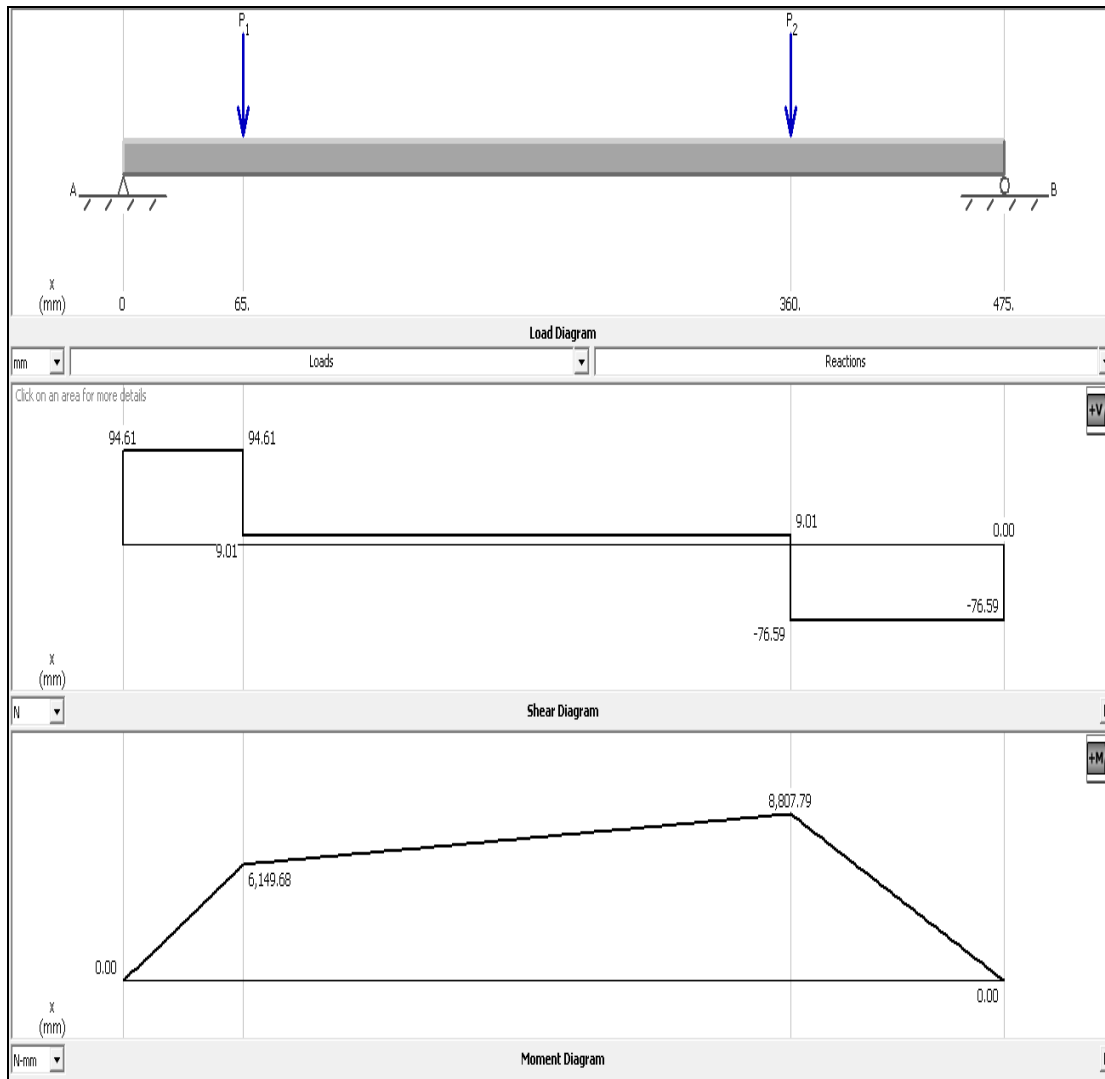


Figura 11 – Reacciones en plano X-Y con software de MDSolids 4.0

Fuente: Propia

PLANO X-Z

Calculo de las reacciones:

$$RBX=T3+T4=39N$$

$$RA=T1+T2 = 85.6N$$

$$\Sigma M=0$$

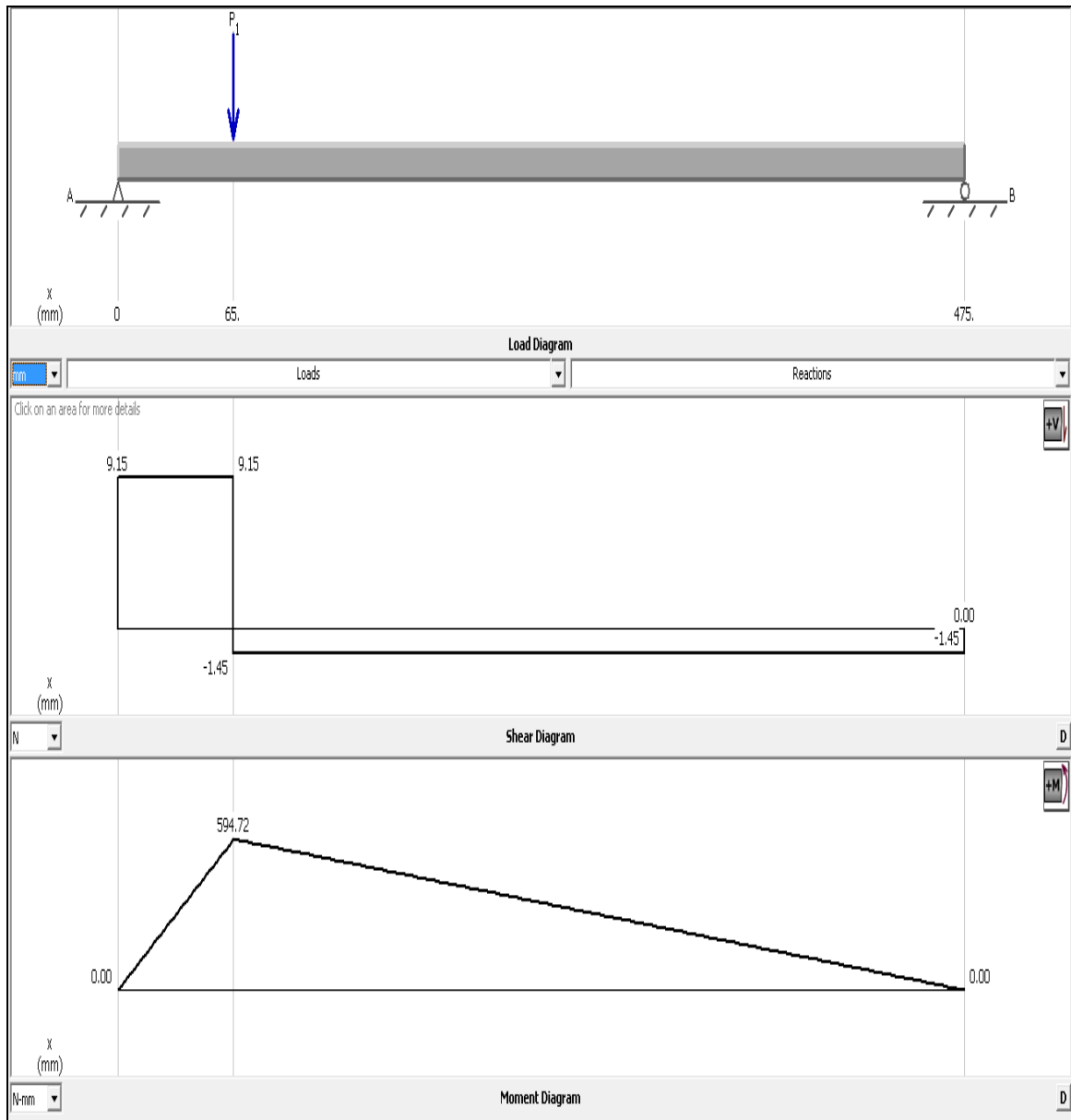


Figura 12 – Reacciones en plano X-Z con software de MDSolids 4.0

Fuente: Propia

$$\Sigma M=0$$

$$10.6 \cdot 6.5 - R_B \cdot 47.5 = 0$$

$$R_A = 1.45 \text{ N.}$$

$$R_{BY} = 9.15 \text{ N.}$$

4.4.3.4.1.1. Cálculo de esfuerzos máximos, mínimos y cortantes

$$M_{max} = \sqrt{(M_{xy})^2 + (M_{xz})^2} = \sqrt{(670)^2 + (17)^2} = 670.3 \text{ Ncm}$$

$$\sigma_N = RBX/A = 156/(\pi \cdot \varnothing^2)$$

$$\sigma_R = (M_{max} \cdot \varnothing / 2) / I = 21449/(\pi \cdot \varnothing^3)$$

$$\text{Tensión por Flexión } \sigma_X = \sigma_N + \sigma_R = 156/(\pi \cdot \varnothing^2) + 21449/(\pi \cdot \varnothing^3)$$

$$\text{Cortante por Flexión } \tau_f = ((4 \cdot V_{max}) / (3 \cdot A)) = 311/(\pi \cdot \varnothing^2)$$

$$\text{Cortante por torsión } \tau_t = ((M_t \cdot \varnothing) / 2) / I_p = 2032/(\pi \cdot \varnothing^3)$$

Esfuerzos Máximos:

$$\sigma_{MAX} = (156/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) + 21449/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^3)) + \sqrt{(156/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) + 21449/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^3))^2 + (311/(\pi \cdot \varnothing^2))^2} \leq \sigma_{fluencia}/n$$

Esfuerzos Mínimos:

$$\sigma_{MIN} = (156/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) + 21449/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^3)) - \sqrt{(156/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) + 21449/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^3))^2 + (311/(\pi \cdot \varnothing^2))^2} \leq \sigma_{fluencia}/n$$

Cortante Máxima:

$$\tau_{MAX} = \sqrt{(156/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) + 21449/(2 \cdot \pi \cdot \varnothing^3))^2 + (2032/(\pi \cdot \varnothing^3))^2} \leq \tau_{fluencia}/n$$

Utilizando como datos del material SAE 1045

$$\sigma_{fluencia} = 310 \text{ Mpas} / 2 = 155 \text{ Mpas} = 15500 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_{fluencia} = 150 \text{ Mpas} / 2 = 75 \text{ Mpas} = 7500 \text{ N/cm}^2$$

$$n = 2$$

Hallamos los diámetros del eje:

$$\varnothing_1 = \varnothing_{esfuerzomaximo} = 0.9 \text{ cm}$$

$$\varnothing_2 = \varnothing_{cortantemaximo} = 0.75 \text{ cm}$$

4.4.3.4.2. Dimensionamiento por fatiga

Cálculos de los coeficientes de Marin

Factor de superficie k_a :

$$k_a = a \cdot (S_{UT})^b = 4.51 \cdot (565)^{-0.265} = 0.84$$

Valores obtenidos de la Tabla 7-4 del Shigley 5ta edición.

Factor de tamaño k_b :

$$k_b = (d/7.62)^{-0.1133} \quad 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$$

Donde d es el diámetro menor del eje.

$$k_b = (30/7.62)^{-0.1133} = 0.86$$

Ecuación 7-15 del Shigley 5ta edición.

Factor de carga k_c :

Debido a la carga axial. $k_c = 1$

Ecuación 7-22 del Shigley 5ta edición.

Factor de temperatura k_d :

$$k_d = S_T / S_{RT} = 1.004$$

Valor obtenido de la Tabla 7-5 para una temperatura de operación de 30 grados Centígrados.

Factor de confiabilidad k_e :

Para una confiabilidad del $R=50\%$ debido a que no existe ningún tratamiento superficial mejore o empeore la resistencia a la fatiga. $k_e = 1$

Factor de efectos diversos k_f :

$$k_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.74(1.98929 - 1) = 1.732$$

Donde K_t es la concentración de esfuerzos teóricos y q es la sensibilidad al entalle

Calculo de resistencia a la fatiga S_e :

$$S_e = (k_a k_b k_c k_d k_e / k_f) * (S'_e) = (0.84)(0.86)(1)(1.004)(1)(1.732) \cdot 0.5 \cdot 565 = 118.3 \text{ [MPa]}$$

Calculo de la tensión media:

$$\sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min}) / 2 = 2((156 / (2 * \pi * \varnothing^2)) + 13696 / (2 * \pi * \varnothing^3))$$

Calculo de la tensión de amplitud:

$$\sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min}) / 2 = \sqrt{(156 / (2 * \pi * \varnothing^2) + 13696 / (2 * \pi * \varnothing^3))^2 + (303 / (\pi * \varnothing^2))^2}$$

Calculo del diámetro mínimo de eje utilizando la ecuación de Goodman

$$(\sigma_a/S_e) + (\sigma_m/S_f) = 1/n$$

$$\sqrt{\left(\frac{156}{2\pi\delta^2} + \frac{13696}{2\pi\delta^3}\right)^2 + \left(\frac{303}{\pi\delta^2}\right)^2} / 118000 + \frac{2\left(\frac{156}{2\pi\delta^2} + \frac{13696}{2\pi\delta^3}\right)}{310000} = 1/2$$

Despejando el diámetro obtenemos:

$$\delta_3 = \delta_{fatiga} = 0.68 \text{ cm}$$

Por lo tanto, elegimos el mayor diámetro

$$\delta_1 = 0.9 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = 0.75 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = 0.68 \text{ cm}$$

$$\delta_{max} = \delta_1 = 0.9 \text{ cm}$$

Con el diámetro máximo encontrado normalizamos:

$$\delta_{ejemin} = 1/2$$

4.4.3.5. Cálculo y dimensionamiento de chavetas

Acero SAE 1045 para el eje $\sigma_f = 310 \text{ MPa} = 310 \times 10^6 \text{ Pa}$

Aluminio para el manguito $\sigma_f = 165 \text{ MPa} = 165 \times 10^6 \text{ Pa}$

Acero SAE 1020 para la chaveta $\sigma_f = 210 \text{ MPa} = 210 \times 10^6 \text{ Pa}$

$$n_s = 2$$

Como hallamos un diámetro mínimo de $\delta_{eje} = 90 \text{ mm}$ para el mecanizado y unión de las piezas tomaremos un diámetro mayor.

$$\delta_{eje} = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

CHAVETA 1

Peso de la polea de 300mm es: $F=9.81*3=29.43 \text{ N}$

Esfuerzo de tracción en el eje:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A=\pi*\phi_{eje}^2-\phi_{eje}*\phi_{chaveta}; \bar{\sigma}=\sigma_f/ns$$

$$(F/((\pi*\phi_{eje}^2)/4) - \phi_{eje}*\phi_{chaveta}) \leq \sigma_f/ns$$

$$(\phi_{chaveta} \leq 1/\phi_{eje}) * (((\pi*\phi_{eje}^2)/4) - (F*ns)/\sigma_f) = (1/0.02) * ((\pi*0.02^2)/4) - (29.43*2/310 \times 10^6)$$

$$\phi_{chaveta} \leq 0.0157 \text{ m}$$

Esfuerzo de tracción en el manguito de la polea:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; (A=(\pi*\phi_{manguito}^2-\phi_{eje}^2)/4) - 4*(\phi_{manguito}-\phi_{eje}) * \phi_{chaveta}; \bar{\sigma}=\sigma_f/ns$$

$$(F/(\pi*(\phi_{manguito}^2-\phi_{eje}^2)/4) - 4*(\phi_{manguito}-\phi_{eje}) * \phi_{chaveta}) \leq \sigma_f/ns$$

$$\phi_{chaveta} \leq (1/(4*(\phi_{manguito}-\phi_{eje}))) * (\pi*(\phi_{manguito}^2-\phi_{eje}^2) - (4*F*ns)/\sigma_f) \\ = 1/(4*(0.03-0.02)) * (\pi*(0.03^2-0.02^2) - (4*29.43*2)/(165 \times 10^6))$$

$$\phi_{chaveta} \leq 0.039 \text{ m}$$

Esfuerzo de corte entre la chaveta y el eje por el peso de la polea:

$$F/2A \leq \bar{\tau}; A=(\pi*\phi_{chaveta}^2)/4; \bar{\tau}=\tau_f/ns=0.577*\sigma_f/ns$$

$$F/(2*(\pi*\phi_{chaveta}^2)/4) \leq 0.577*\sigma_f/ns$$

$$\phi_{chaveta} \geq \sqrt{(ns*2*F)/(\pi*0.577*\sigma_f)} = \sqrt{(2*2*29.43)/(\pi*0.577*210 \times 10^6)}$$

$$\phi_{chaveta} \geq 0.00056 \text{ m}$$

Esfuerzo de compresión entre la chaveta y el eje por el peso de la polea:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = \phi_{eje} * \phi_{chaveta}; \bar{\sigma} = \sigma_f / ns$$

$$(F / (\phi_{eje} * \phi_{chaveta})) \leq \sigma_f / ns$$

$$\phi_{chaveta} \geq (F * ns) / (\phi_{eje} * \sigma_f) = (29.43 * 2) / (0.02 * 210 \times 10^6)$$

$$\phi_{chaveta} \geq 1.4 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Esfuerzo de compresión entre la chaveta y el manguito por el peso de la polea:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = (\phi_{manguito} - \phi_{eje}) * \phi_{chaveta}; \bar{\sigma} = \sigma_f / ns$$

$$(F / ((\phi_{manguito} - \phi_{eje}) * \phi_{chaveta})) \leq \sigma_f / ns$$

$$\phi_{chaveta} \geq (F * ns) / ((\phi_{manguito} - \phi_{eje}) * \sigma_f) = (29.43 * 2) / ((0.03 - 0.02) * 210 \times 10^6)$$

$$\phi_{chaveta} \geq 2.8 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Momento de torsión en el eje es: $Mt = 1.27 \text{ N} * \text{m}$

Esfuerzo de corte entre la chaveta y el eje por el momento de torsión del eje:

$$F/A \leq \bar{\tau}; A = (\pi * \phi^2_{chaveta}) / 4; \bar{\tau} = \tau_f / ns = (0.577 * \sigma_f) / ns; Mt = F * (\phi_{eje} / 2)$$

$$F = (2 * Mt) / \phi_{eje}$$

$$((2 * Mt) / (\phi_{eje})) / ((\pi * \phi^2_{chaveta}) / 4) \leq (0.577 * \sigma_f) / ns$$

$$\phi_{chaveta} \geq \sqrt{((2 * Mt * 4 * ns) / (\phi_{eje} * \pi * 0.577 * \sigma_f))} = \sqrt{(2 * 1.27 * 4 * 2) / (0.02 * \pi * 0.577 * 210 \times 10^6)}$$

$$\phi_{chaveta} \geq 0.0016 \text{ m}$$

Esfuerzo de corte entre la chaveta y el eje por el momento de torsión del eje:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = (\varnothing \text{manguito} - \varnothing \text{eje}) * \varnothing \text{chaveta}; \bar{\sigma} = \sigma f / ns; Mt = F * \varnothing \text{eje} / 2$$

$$F = (2 * Mt) / \varnothing \text{eje}$$

$$((2 * Mt) / \varnothing \text{eje}) / ((\varnothing \text{manguito} - \varnothing \text{eje}) * \varnothing \text{chaveta}) \leq \sigma f / ns$$

$$\varnothing \text{chaveta} \geq (2 * Mt * ns) / (\varnothing \text{eje} * (\varnothing \text{manguito} - \varnothing \text{eje}) * \sigma f) = (2 * 1.27 * 2) / (0.02 * (0.03 - 0.02) * 210 \times 10^6)$$

$$\varnothing \text{chaveta} \geq 1.2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Con estos cálculos se logra hallar rango del diámetro de la chaveta transversal:

$$15.7 \text{ mm} \geq \varnothing \text{chaveta} \geq 1.6 \text{ mm}$$

Elegimos una chaveta de diámetro 5mm y largo de 30mm para la polea de 300mm de diámetro.

CHAVETA 2

Peso de la polea de 60mm es: $F = 9.81 * 1 = 9.81 \text{ N}$

Esfuerzo de tracción en el eje:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = (\pi * \varnothing^2 \text{eje}) / 4 - \varnothing \text{eje} * \varnothing \text{chaveta}; \bar{\sigma} = \sigma f / ns$$

$$(F / ((\pi * \varnothing^2 \text{eje}) / 4 - \varnothing \text{eje} * \varnothing \text{chaveta})) \leq \sigma f / ns$$

$$\varnothing \text{chaveta} \leq 1 / \varnothing \text{eje} * ((\pi * \varnothing^2 \text{eje}) / 4 - (F * ns) / \sigma f) = 1 / 0.02 * ((\pi * 0.02^2) / 4 - (9.81 * 2) / (310 \times 10^6))$$

$$\varnothing \text{chaveta} \leq 0.0157 \text{ m}$$

Esfuerzo de tracción en el manguito de la polea:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = ((\pi * \varnothing^2 \text{manguito} - \varnothing^2 \text{eje}) / 4) - 4 * (\varnothing \text{manguito} - \varnothing \text{eje}) * \varnothing \text{chaveta}; \bar{\sigma} = \sigma f / ns$$

$$(F/((\pi*(\phi^2manguito-\phi^2eje)/4) -(\phi manguito-\phi eje) * \phi chaveta)) \leq \sigma f/ns$$

$$\phi chaveta \leq 1/(4*(\phi manguito-\phi eje)) * (\pi*(\phi^2manguito-\phi^2eje) - (4*F*ns) / \sigma f)$$

$$= 1 / (4* (0.03-0.02)) * (\pi* (0.03^2-0.02^2) - (4*9.81*2) / (165 \times 10^6))$$

$$\phi chaveta \leq 0.039 \text{ m}$$

Esfuerzo de corte entre la chaveta y el eje por el peso de la polea:

$$F/2A \leq \bar{\tau}; A = (\pi*\phi^2 chaveta) /4; \bar{\tau} = \tau f/ns = (0.577*\sigma f) /ns$$

$$F/(2*((\pi*\phi^2 chaveta) /4)) \leq (0.577\sigma f) /ns$$

$$\phi chaveta \geq \sqrt{((ns*2*F) / (\pi*0.577*\sigma f))} = \sqrt{(2*2*9.81) / (\pi*0.577*210 \times 10^6)}$$

$$\phi chaveta \geq 0.00032 \text{ m}$$

Esfuerzo de compresión entre la chaveta y el eje por el peso de la polea:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = \phi eje * \phi chaveta; \bar{\sigma} = \sigma f/ns$$

$$F / (\phi eje * \phi chaveta) \leq \sigma f/ns$$

$$\phi chaveta \geq (F*ns) / (\phi eje * \sigma f) = (9.81*2) / (0.02*210 \times 10^6)$$

$$\phi chaveta \geq 4.7 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Esfuerzo de compresión entre la chaveta y el manguito por el peso de la polea:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = (\phi manguito-\phi eje) * \phi chaveta; \bar{\sigma} = \sigma f/ns$$

$$F/((\phi manguito-\phi eje) * \phi chaveta) \leq \sigma f/ns$$

$$\phi chaveta \geq (F*ns) / ((\phi manguito-\phi eje) * \sigma f) = (9.81*2) / ((0.03-0.02) * 210 \times 10^6)$$

$$\varnothing_{chaveta} \geq 9.3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Momento de torsión en el eje es: $M_t = 1.27 \text{ N}\cdot\text{m}$

Esfuerzo de corte entre la chaveta y el eje por el momento de torsión del eje:

$$F/A \leq \bar{\tau}; A = (\pi \cdot \varnothing^2_{chaveta}) / 4; \bar{\tau} = \tau_f / ns = (0.577 \cdot \sigma_f) / ns; M_t = F \cdot \varnothing_{eje} / 2$$

$$F = (2 \cdot M_t) / \varnothing_{eje}$$

$$((2 \cdot M_t) / \varnothing_{eje}) / ((\pi \cdot \varnothing^2_{chaveta}) / 4) \leq (0.577 \cdot \sigma_f) / ns$$

$$\varnothing_{chaveta} \geq \sqrt{(2 \cdot M_t \cdot 4 \cdot ns) / (\varnothing_{eje} \cdot \pi \cdot 0.577 \cdot \sigma_f)} = \sqrt{(2 \cdot 1.27 \cdot 4 \cdot 2) / (0.02 \cdot \pi \cdot 0.577 \cdot 210 \times 10^6)}$$

$$\varnothing_{chaveta} \geq 0.0016 \text{ m}$$

Esfuerzo de corte entre la chaveta y el eje por el momento de torsión del eje:

$$F/A \leq \bar{\sigma}; A = (\varnothing_{manguito} - \varnothing_{eje}) \cdot \varnothing_{chaveta}; \bar{\sigma} = \sigma_f / ns; M_t = F \cdot \varnothing_{eje} / 2$$

$$F = (2 \cdot M_t) / \varnothing_{eje}$$

$$((2 \cdot M_t) / \varnothing_{eje}) / ((\varnothing_{manguito} - \varnothing_{eje}) \cdot \varnothing_{chaveta}) \leq \sigma_f / ns$$

$$\varnothing_{chaveta} \geq (2 \cdot M_t \cdot ns) / (\varnothing_{eje} \cdot (\varnothing_{manguito} - \varnothing_{eje}) \cdot \sigma_f) = (2 \cdot 1.27 \cdot 2) / (0.02 \cdot (0.03 - 0.02) \cdot 210 \times 10^6)$$

$$\varnothing_{chaveta} \geq 1.2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Con estos cálculos se logra hallar rango del diámetro de la chaveta transversal:

$$15.7 \text{ mm} \geq \varnothing_{chaveta} \geq 1.6 \text{ mm}$$

Elegimos una chaveta de diámetro 5mm y largo de 30mm para la polea de 60mm de diámetro.

4.4.3.6. Cálculo de rodamientos

4.4.3.6.1. Vida útil

Datos:

Vida útil maquina = 10 a 15 años

Vida útil estimado de rodamiento = 5 años

$$n=56 \text{ (RPM)}$$

$$\phi=3.5 \text{ (cm)}=35 \text{ (mm)}$$

$$Fr=55 \text{ (N)}=0.055 \text{ (KN)}$$

$$Fa=75 \text{ (N)}=0.075 \text{ (KN)}$$

$$5\text{años} * (317 \text{ días/1año}) * (3 \text{ horas/1 día}) =4755\text{horas}$$

$$4755\text{horas} * (60 \text{ min/1 hora}) * (56 \text{ rev/1min}) =16 \times 10^6 \text{ rev.}$$

4.4.3.6.2. Preselección de rodamiento

Utilizando el software de los rodamientos skf online:

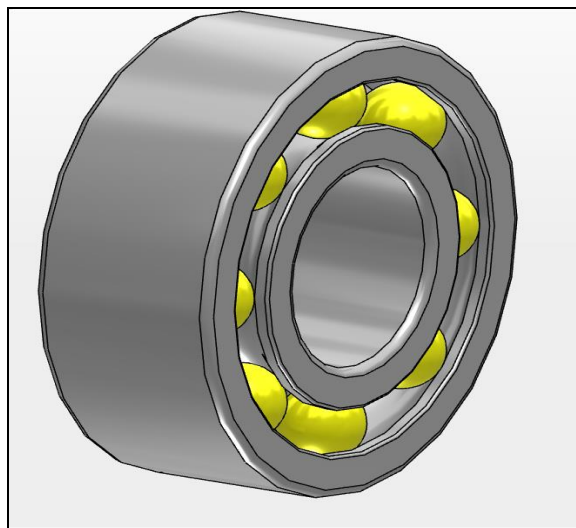
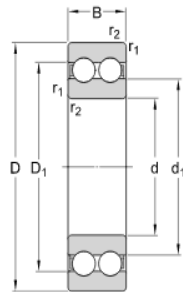


Figura 13 - Rodamiento

Fuente: Propia

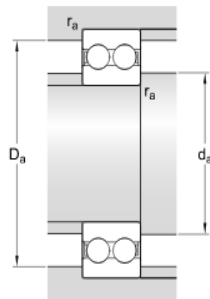
4307 ATN9

Dimensiones



| | | |
|------------------|----------|----|
| d | 35 | mm |
| D | 80 | mm |
| B | 31 | mm |
| d ₁ | ≈ 49.5 | mm |
| D ₁ | ≈ 65.4 | mm |
| r _{1,2} | min. 1.5 | mm |

Dimensiones de los resaltes



| | | |
|----------------|----------|----|
| d _a | min. 44 | mm |
| D _a | max. 71 | mm |
| r _a | max. 1.5 | mm |

Figura 14 – Dimensiones del rodamiento

Fuente: Propia

4.4.3.6.1. Cálculo de la carga equivalente

Teniendo como datos:

$$Fr=55 (N)=0.055 (KN)$$

$$Fa=75 (N)=0.075 (KN)$$

Utilizando el software del SKF obtenemos los parámetros:

| Efectivo | | Velocidad | Temperatura | |
|----------|-------|-----------|-----------------|-----------------|
| Radial | Axial | r / min | Anillo interior | Anillo exterior |
| kN | kN | | ° C | ° C |
| 0.055 | 0.075 | Velocidad | 70 | 65 |

[Añadir caso de carga](#) Calcular

Figura 15 – Ingreso de datos en el software del SKF

Fuente: Propia

Resultados de calculo

[Desdobra todo](#)

PROPIEDADES DEL RODAMIENTO 4307 ATN9

! Los resultados se basan en las condiciones de operación predeterminadas. Por favor, revise y ajuste las condiciones de operación donde sea necesario
! No todos los resultados de cálculo están disponibles porque no se ingresan las cargas y / o la velocidad

RODAMIENTOS C / P: 249,39

VELOCIDAD DE REFERENCIA AJUSTADA n ar
: 14000 r / min

FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO S 0 :
539

Figura 16 – Resultados de calculo

Fuente: Propia

NOTA: Entonces seleccionamos por tablas de la empresa de rodamientos SKF el rodamiento de designación 4307 ATN9

4.4.3.7. Preselección y diseño de ruedas giratorias

Asumimos unas medidas estándar de ruedas giratorias.

Donde el peso total de la maquina = 479 kg

$$P = m \times g$$
$$P = 479 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$
$$P = 4694.2 \text{ N}$$

Mediante un software analizamos el diseño estándar con un material indicado en el informe de análisis estructural resiste el peso de la máquina, un total de 4 resiste, la carga se divide aun entre las cuatro ruedas, puesto que cada rueda tiene un diámetro de 125 mm y resistencia de 300 a 500 kg, donde el diseño es óptimo.

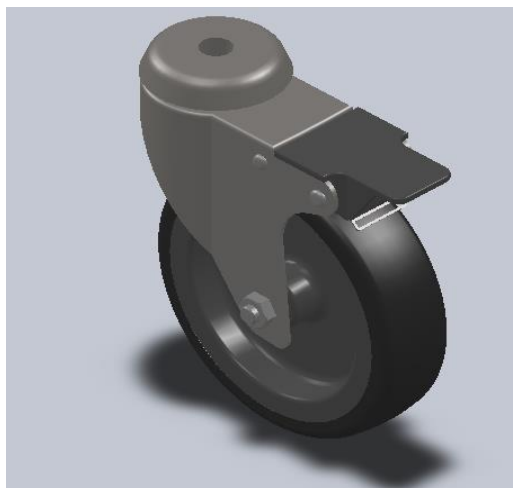


Figura 17 – Rueda

Fuente: Propia

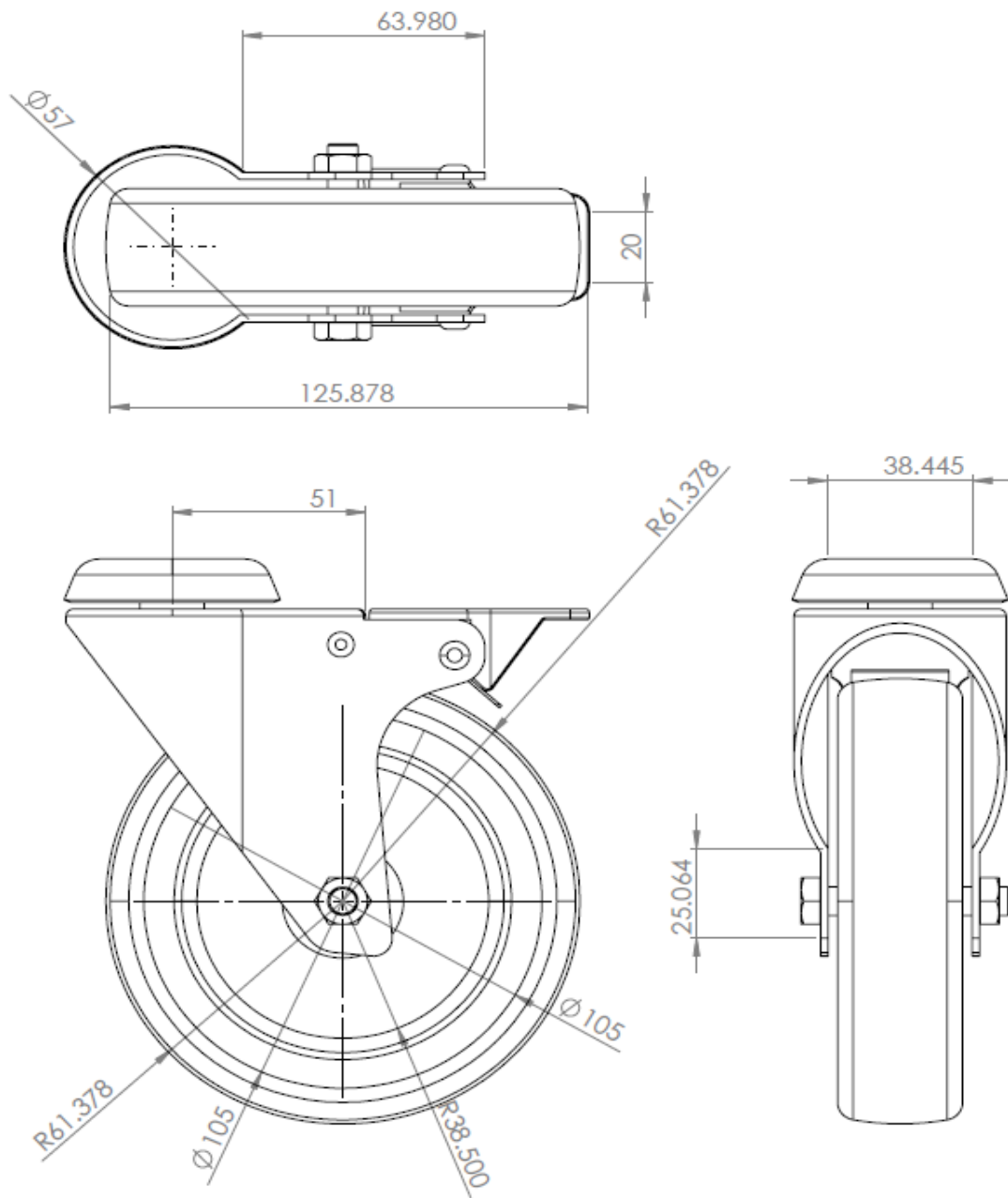


Figura 18 – Dimensiones de la rueda

Fuente: Propia

Las patas con un ajuste de hasta de 10 cm.

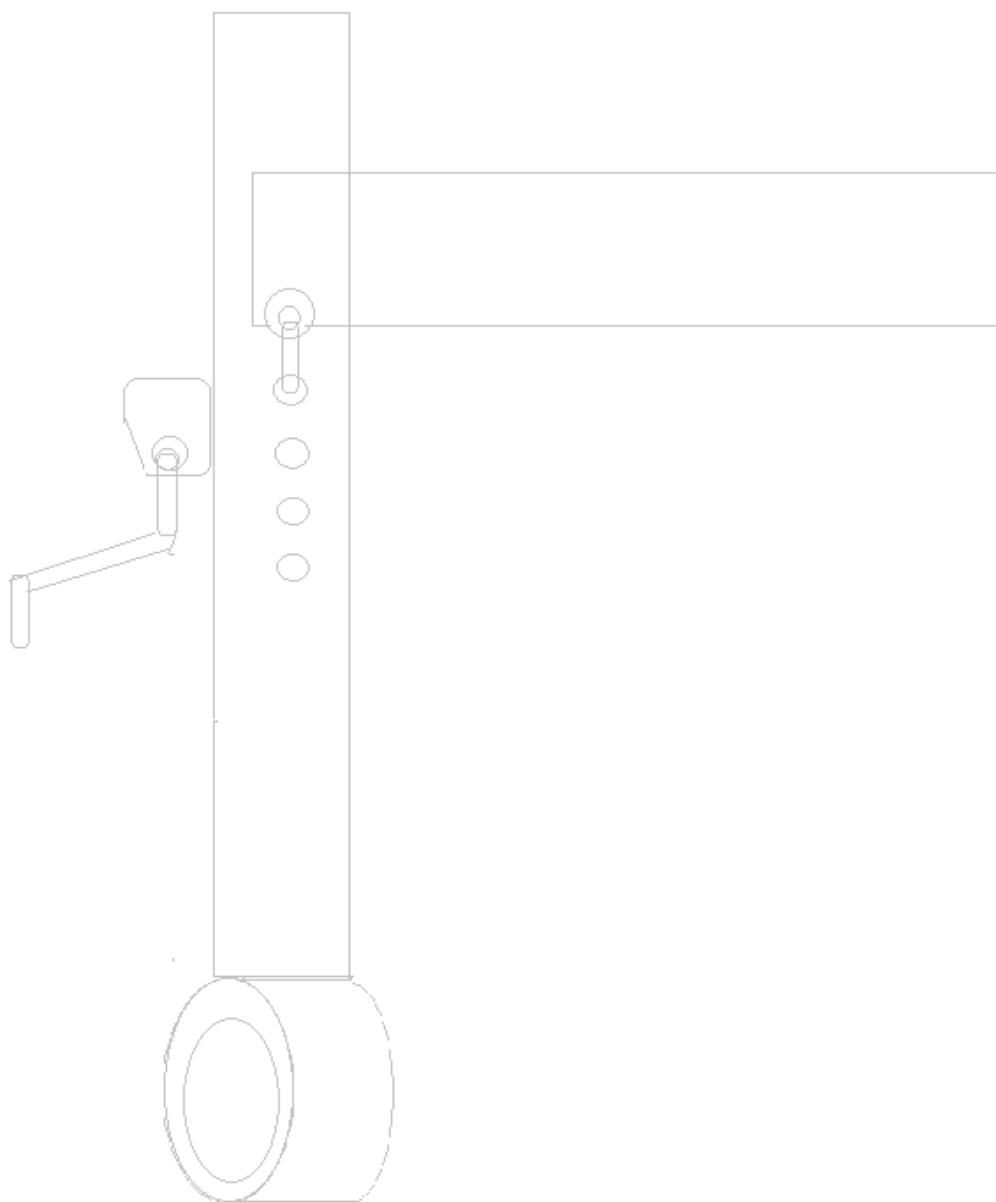


Figura 19 – Regulación de las patas de la maquina boleadora

Fuente: Propia

CAPÍTULO V MODELADO

5.1. Costos

5.1.1. Evaluación de los tiempos

Tabla 8

Estimación de Tiempos

| TIEMPO EMPLEADO PARA LA ACTIVIDAD | | | |
|-----------------------------------|---|----------------------|---------------------------|
| Ítem | Actividad | Modelo Lyra (min) | Modelo Propuesto (min) |
| 1 | Actividades pre-operacionales | 15 | 5 |
| 2 | Ajustar altura de máquina | - | 5 |
| 3 | Alimentar la tolva | 10 | 5 |
| 4 | Configurar programación | 3 | 3 |
| 5 | Cortar masa con placas de tolva | - | 25 |
| 6 | Dosificar y pesar masa en las vías de cámara de corte | 60 | 40 |
| 7 | Alimentar la cámara de boleo | 40 | 35 |
| 8 | Boleo | 55 | 15 |
| 9 | Salida del producto boleado | 10 | 6 |

| | | |
|-------|-----|-----|
| TOTAL | 183 | 139 |
|-------|-----|-----|

Fuente: Propia

Son 44 minutos en los que ahorra el proceso con la propuesta.

5.1.2. Estimación de Costos de Mantenimiento

En la situación actual la máquina de modelo Lyra es operada con la necesidad de dos personas, con la implementación de dispositivos para la interfaz H-M se puede independizar con un trabajador ya que tendrá las señales de alarma y semáforo. Para el mantenimiento del equipo se necesitaban 2 personas y en el caso de la máquina propuesta se necesitará 1 operario.

Tabla 9

Estimación de costos de mantenimiento

| COSTOS DE MANTENIMIENTO | | | |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Ítem | Actividad | Gastos 2 pers (S/) | Gastos 1 pers (S/) |
| 1 | Monto a cobrar en total | 800.00 | 800.00 |
| 2 | Total de gastos | 650.00 | 600.00 |
| 3 | Ganancia | 150.00 | 200.00 |
| DIFERENCIA | | | S/ 50.00 |

Fuente: Propia

5.1.3. Estimación de Costos de Fabricación

Se realiza una estimación del costo por la fabricación total de la máquina boleadora de masas, incluye costos de materiales, costos de mano de obra y costos indirectos.

Tabla 10
Costo de Materiales

| COSTOS DE MATERIALES | | | | | |
|----------------------|----------|------|--|----------|-------------------|
| Item | Cantidad | UM | Materiales | PU (S/.) | PT(S/.) |
| 01 | 01 | Und | Plancha metálica acero inoxidable AISI - 304 espesor 1 mm (5x5m) | 600.00 | 600.00 |
| 02 | 12 | Und | Tornillos ISO 10642 – M6 x 10 | 2.00 | 24.00 |
| 03 | 01 | Und | Tubo cuadrado metálica para patas de soporte de la máquina boleadora 4 m | 50.00 | 50.00 |
| 04 | 01 | Und | Faja transportadora | 100.00 | 100.00 |
| 05 | 04 | Und | Poleas | 80.00 | 320.00 |
| 06 | 02 | Und | Correa trapezoidal en V | 45.00 | 90.00 |
| 07 | 02 | Und | Rodamientos skf 4307 ATN9 | 70.00 | 140.00 |
| 08 | 02 | Und | Un motor monofásico 220V, 0.5 HP, 50 HZ | 700.00 | 1400.00 |
| 09 | 04 | Und | Ruedas con seguros | 20.00 | 80.00 |
| 10 | 01 | Und | Eje de la boleadora acero inoxidable | 150.00 | 150.00 |
| 11 | 16 | Unid | Pernos y tuercas 5/16"x1" | 2.50 | 40.00 |
| | | | | 1819.50 | 2994.00 |
| COSTO TOTAL | | | | | S/.2994.00 |

Fuente: Propia

5.1.4. Estimación de Costos de Mano de Obra

Tabla 11

Estimación de Costos de Mano de Obra

| COSTOS DE MANO DE OBRA | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-----|-------------------------------------|----------|-------------|
| Item | Cantidad | UM | Descripción | PU (S/.) | PT(S/.) |
| 01 | 02 | Und | Mano de obra de estructura metálica | 1200.00 | 2400.00 |
| 02 | 02 | Und | Mano de obra armado | 1500.00 | 3000.00 |
| 03 | 01 | m2 | Servicio pintura | 50.00 | 50.00 |
| TOTAL, A PAGAR MANO DE OBRA (S/.) | | | | | S/. 5450.00 |

Fuente: Propia

5.1.5. Costos Indirectos del Proyecto

Tabla 12

Costos Indirectos del Proyecto

| COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO | | | | | |
|---|----------|-------------|-----------------------------|----------|---------|
| Nro. | Cantidad | UM | Descripción | PU (S/.) | PT(S/.) |
| 01 | 01 | <u>Und.</u> | Movilidad | 250.00 | 250.00 |
| 02 | 01 | <u>Und.</u> | <u>Utiles</u> de escritorio | 200.00 | 200.00 |
| 03 | 01 | <u>Und.</u> | Luz y agua | 200.00 | 200.00 |
| <u>TOTAL A PAGAR EN GASTOS INDIRECTOS</u> | | | | | 650.00 |

Fuente: Propia

5.1.6. Gastos Generales del Proyecto

El resumen de los costos generales que implican la fabricación de la máquina son los siguientes:

Tabla 13

Gastos Generales del Proyecto

| COSTOS GENERALES DEL PROYECTO | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------------|---------------|
| Ítem | Contexto | Descripción | | | Observaciones |
| | | Monto | IGV 18% | Total | |
| 01 | Materiales | S/.2994.00 | S/.538.92 | S/.3532.92 | |
| 02 | Mano de Obra | S/.5450.00 | | S/.5450.00 | |
| 03 | Gastos indirectos | S/.650.00 | S/.117.00 | S/.767.00 | |
| GASTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | S/. 9749.92 | |

Fuente: Propia

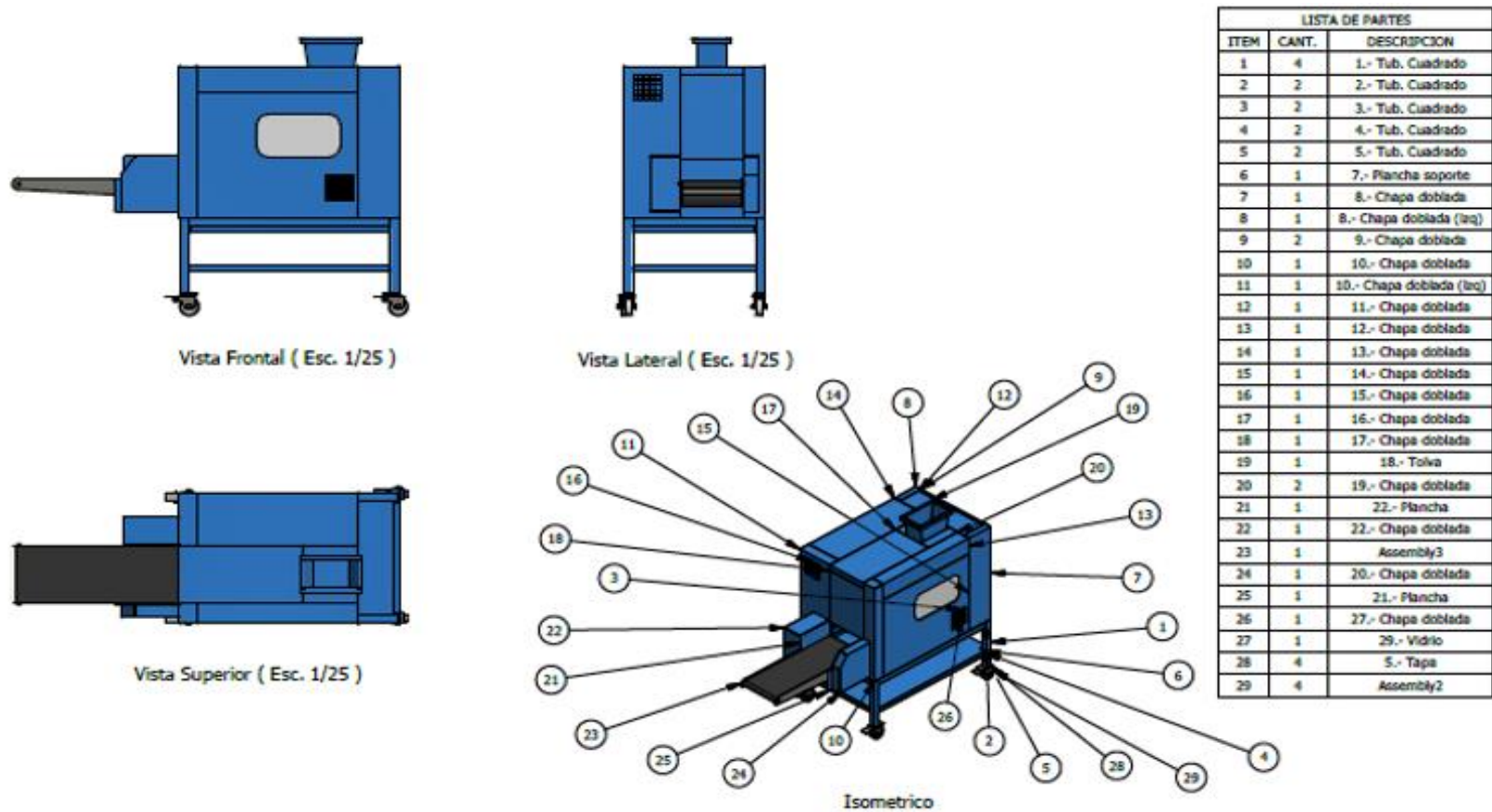


Figura 20: Plano de la máquina boleadora de masas

Fuente: Propia

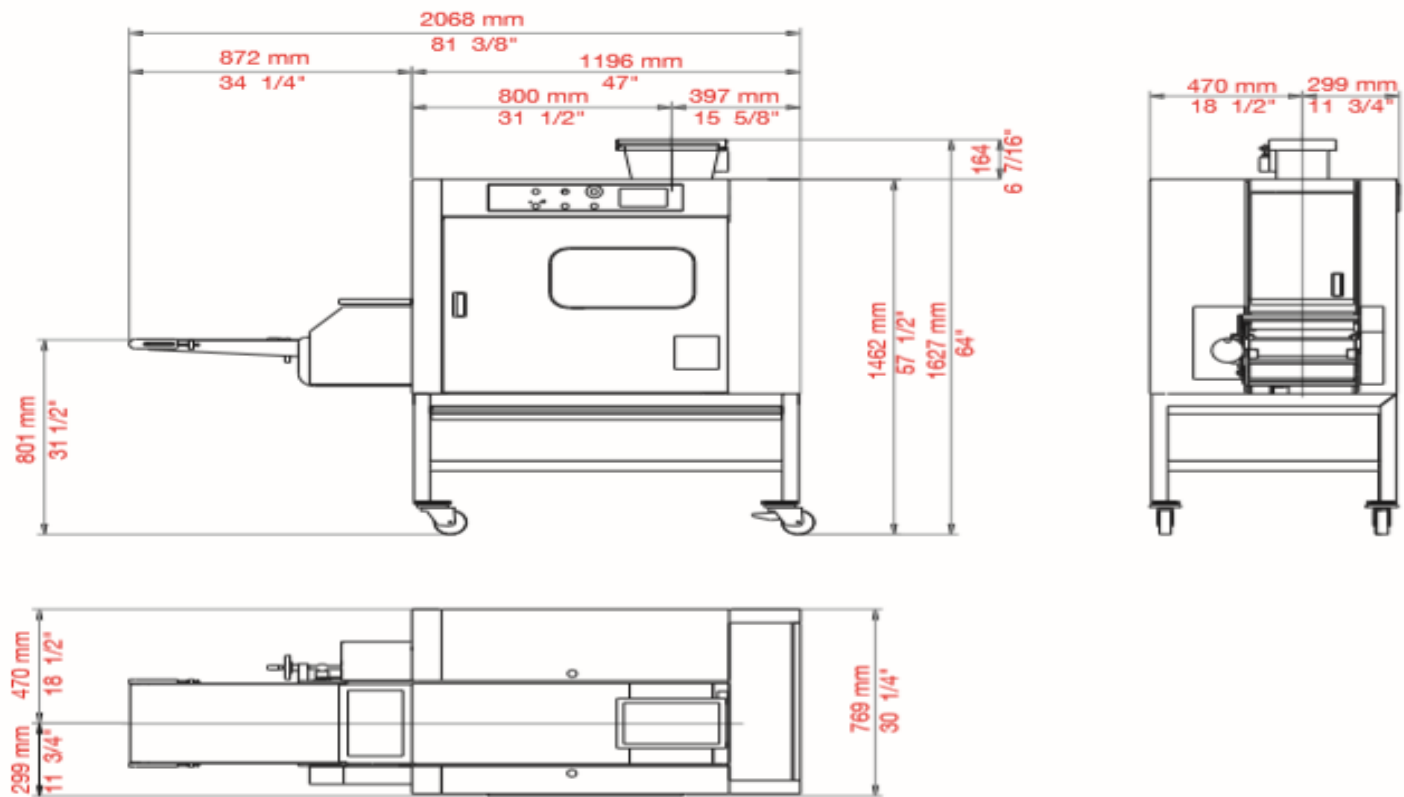


Figura 21: Dibujo Técnico de la máquina boleadora LYRA situación Actual

Fuente: Propia

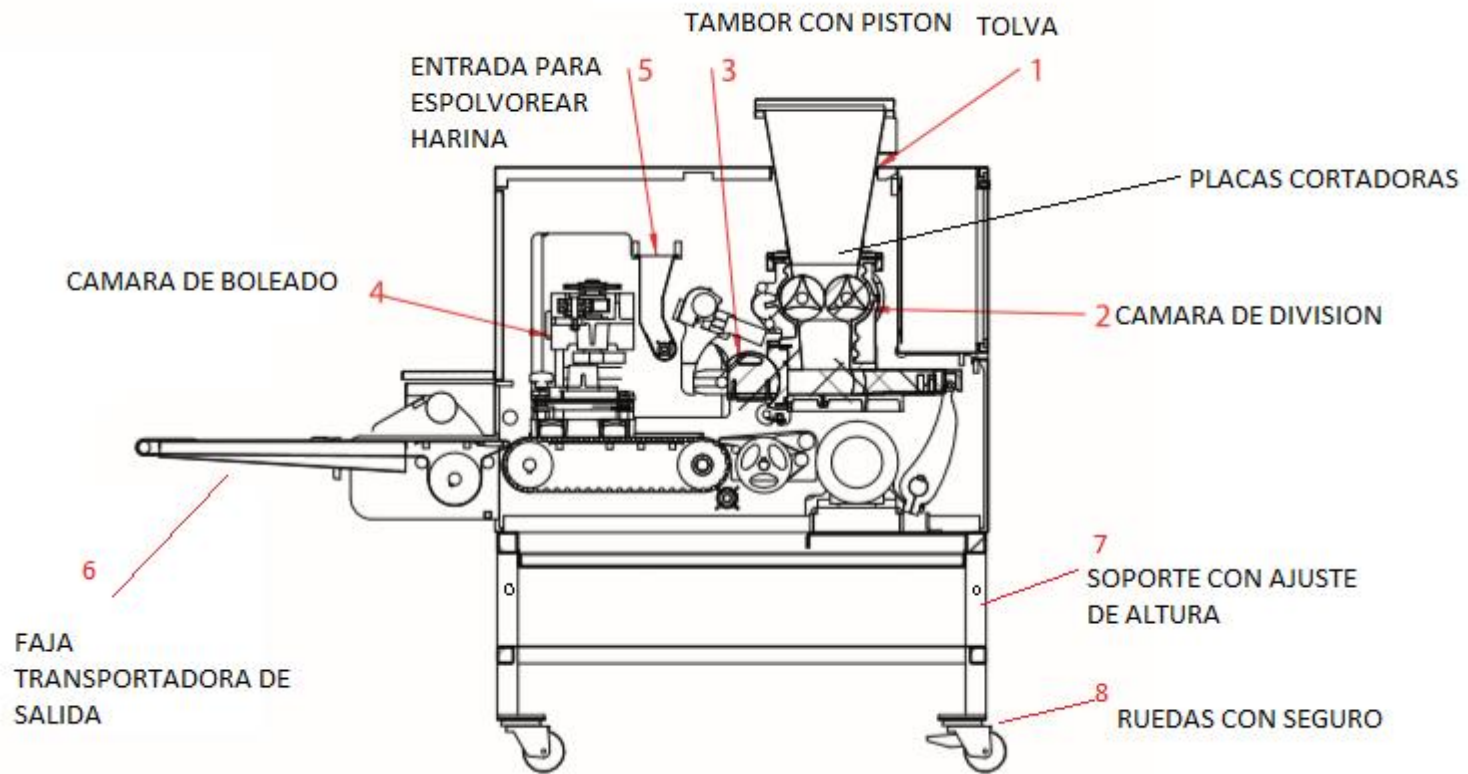
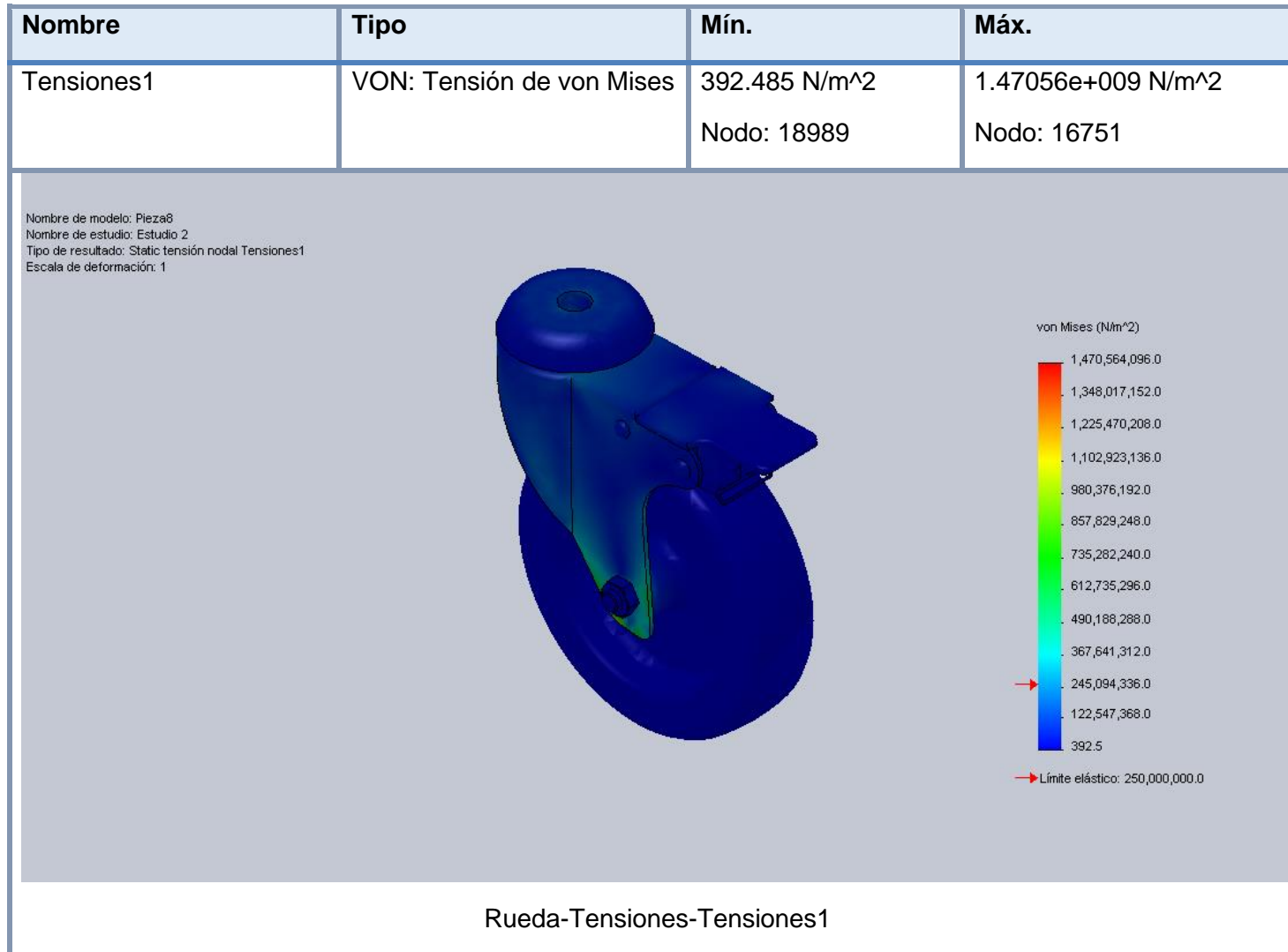


Figura 22: Dibujo de la máquina boleadora y sus partes

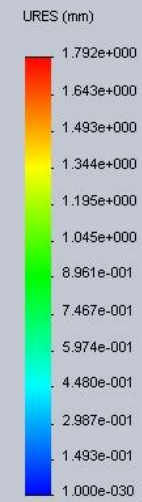
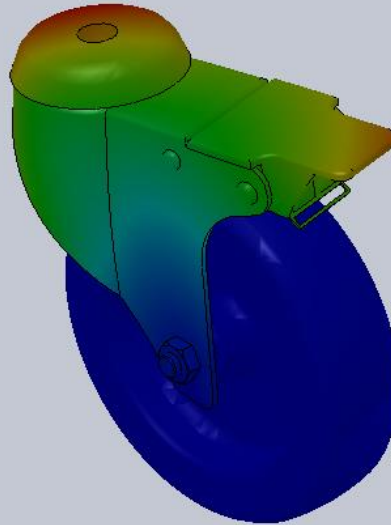
Fuente: Propia

Figura 23: Resultados del estudio del peso que soportan las ruedas



| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Desplazamientos1 | URES: resultante | Desplazamiento 0 mm Nodo: 267 | 1.79219 mm Nodo: 1837 |

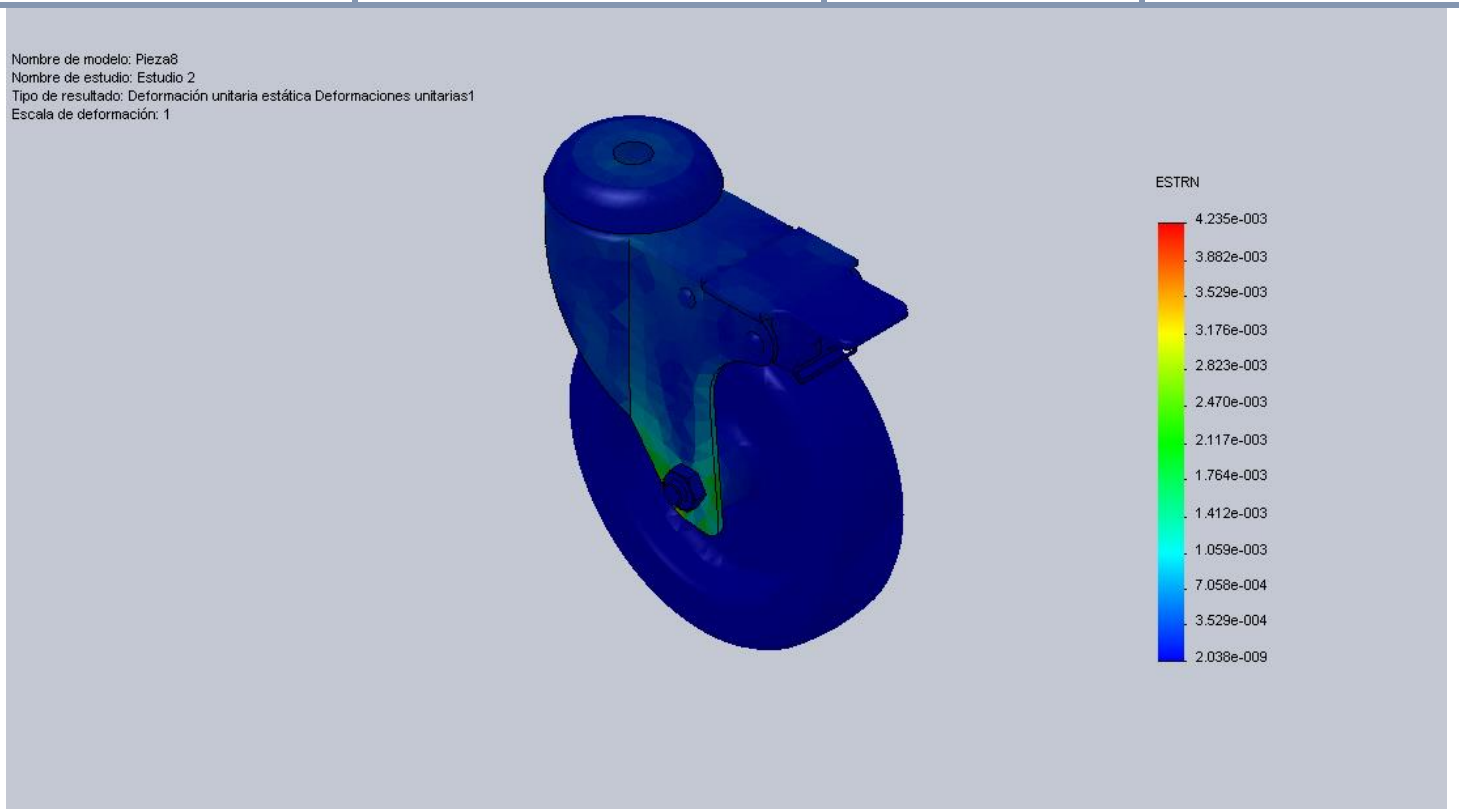
Nombre de modelo: Pieza8
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 11.368



Rueda-Desplazamientos-Desplazamientos1

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|--------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 2.0379e-009 Elemento: 11200 | 0.00423471 Elemento: 10579 |

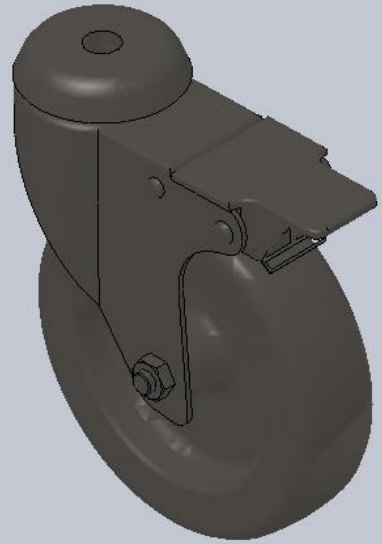
Nombre de modelo: Pieza8
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Rueda-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

| Nombre | Tipo |
|------------------|---------------------------------|
| Desplazamientos1 | URES: Desplazamiento resultante |

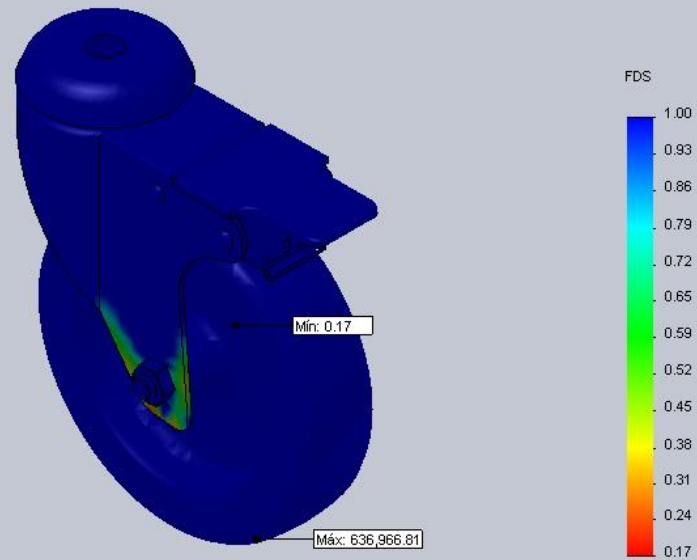
Nombre de modelo: Pieza8
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1(1)
Escala de deformación: 1



Rueda-Desplazamientos-Desplazamientos1

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|----------------------|---------------------------|-------------|-------------|
| Factor de seguridad1 | Tensión de von Mises máx. | 0.170003 | 636967 |
| | | Nodo: 16751 | Nodo: 18989 |

Nombre de modelo: Pieza8
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Tensiones von Mises máx.
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 0.17



Rueda-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

- a) Se logró determinar las funciones y las estructuras de las piezas de la máquina boleadora de masas.

- b) Se logró determinar las dimensiones de los componentes de la máquina para la distribución preliminar en el diseño para la industria de la panificación.

TRABAJOS FUTUROS

1. La máquina ergonómica Boleadora tendría más placas de boleado para diámetros menores de 6 cm y mayores de 10 cm con la capacidad de incursionar con otras variedades de panes.
2. Siendo una máquina implementada con dispositivos informativos visuales, audibles y táctiles, se podría analizar cuáles son las nuevas tendencias en cuanto a consumo energético y que contaminen menos el medio ambiente según las series que se comercialicen en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

1. ALEXANDROV, M. Aparatos y máquinas de elevación y transporte 1976 editorial MIR, pág. 42
2. BUDYNAS, R. (2012). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 9 edición, McGraw-Hill.
3. CUENCA, Gabriela (2005). *Conceptos Básicos de ergonomía. Ergonomía para empresas.* Universidad Favalor. Argentina. Recuperado de <https://scholar.google.com/citations?user=K9nm2pQAAAAJ&hl=es>
4. GÓMEZ, G, S. (2010). *Solidworks Simulation.* ALFAOMEGA. México.
5. LE FRAPPER, O. AutoCAD 2009 Prácticas de dibujo técnico Diseño, dibujo y presentación detallada, pág. 11
6. MENDOSA, Salva Catalogo 2011, máquinas/machines ingeniería de la masa, pág. 27
7. MOTT, R. (2006). Diseño de Elementos de Maquinas, Cuarta Edición, Prentice Hall.

TESIS

1. ESPINOZA M, Carlos y Martínez L, Ernesto (2017). *Diseño y construcción de una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 kg hora de producción.* (Tesis de Título de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción). Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil- Ecuador.
2. NIXON A. Lasso Martínez (2018). Construcción de una máquina electromecánica divisora boleadora para mejorar la producción en una panificadora. Universidad de Antonio Nariño.
3. FIGUEROA, Juan Carlos (2010). Diseño y Construcción de una Laminadora y diseño de una Línea de producción para Panificación. (Tesis de Título de la Facultad de Ingeniería Mecánica). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
4. BRAVO P. Gabriel (2012). Diseño y simulación de una máquina automatizada con PLC para dividir planchas de cartón de hasta 1300 mm de ancho y 2200 mm de longitud, mediante cortes longitudinales y transversales. (Tesis de Título de la Facultad de Ingeniería Mecánica). Quito –Ecuador.

DATOS DE INVESTIGACION

1. YÁÑEZ E., Isaac (2017). *Investigación “Diseño de divisora boleadora de masa adaptada a la realidad del Ecuador para la incrementación de la productividad del mercado panadero de producción mediana”*. Pontifica Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14275>

PAGINA WEB

1. Boleadora de masas Modelo Lyra - Marca Sottoriva Italiana. Recuperado <http://www.sottoriva.com/eng/products/machines/dividerrounders/dinamica-1>
2. Boleadora de masas <https://itepacp.com/boleadora-de-masa/>
3. McAtamney y Corlett. (1993). *El método RULA*. Institute for Occupational Ergonomics. Universidad de Nottingham. Recuperado de <https://www.ergonautas.upv.es/>.
4. El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo (INSHT). *Norma NTP 912. 2018*. Recuperado de [https:// www. insst.es](https://www.insst.es)

ANEXOS

Tabla 14: Parámetros Antropométricos para latinoamericanos, resumen de medidas

| NOMBRE VARIABLE | P5 | P10 | P25 | P50 | P75 | P90 | P95 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1, MASA CORPORAL | 53,7 | 56,8 | 62,4 | 69,1 | 76,8 | 83,0 | 87,9 |
| 2, ESTATURA | 158,0 | 160,7 | 164,6 | 168,6 | 173,3 | 177,1 | 179,3 |
| 3, ALCANCE VERTICAL MAXIMO | 198,0 | 202,1 | 207,4 | 213,1 | 219,8 | 225,3 | 229,4 |
| 4,ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO | 183,7 | 187,6 | 192,9 | 198,3 | 204,4 | 209,7 | 213,2 |
| 5, ALTURA OJOS [PARADO] | 147,3 | 150,0 | 153,9 | 157,9 | 162,3 | 166,2 | 168,4 |
| 6, ALTURA SENTADO NORMAL | 80,0 | 81,4 | 83,6 | 85,9 | 88,2 | 90,3 | 91,8 |
| 7, ALTURA SENTADO ERGUIDO | 83,4 | 84,5 | 86,5 | 88,6 | 90,7 | 92,7 | 94,1 |
| 8, ALTURA OJOS [SENTADO] | 73,1 | 74,4 | 76,3 | 78,4 | 80,5 | 82,6 | 83,6 |
| 9, ALTURA ACROMIAL [PARADO] | 128,2 | 130,6 | 134,4 | 137,9 | 141,8 | 145,3 | 147,4 |
| 10,ALTURA CRESTAILIACA [PARADO] | 92,4 | 94,3 | 97,4 | 100,7 | 104,0 | 106,8 | 108,6 |
| 11,ALTURA ACROMIAL [SENTADO] | 54,2 | 55,3 | 57,0 | 58,8 | 60,7 | 62,4 | 63,3 |
| 12, ALTURA RADIAL [PARADO] | 98,7 | 100,6 | 103,3 | 106,5 | 109,6 | 112,4 | 114,3 |
| 13, ALTURA MUÑECA [PARADO] | 74,8 | 76,3 | 78,8 | 81,4 | 84,0 | 86,5 | 88,0 |
| 14,ALTURA DEDO MEDIO [PARADO] | 57,8 | 59,2 | 61,2 | 63,6 | 65,9 | 68,1 | 69,3 |
| 15, ALTURA RADIAL [SENTADO] | 19,3 | 20,4 | 22,2 | 23,8 | 25,4 | 26,8 | 27,8 |
| 16, ALTURA MUSLO [SENTADO] | 12,9 | 13,4 | 14,2 | 15,0 | 15,7 | 16,6 | 17,1 |
| 17, ALTURA RODILLA [SENTADO] | 48,2 | 49,3 | 50,7 | 52,5 | 54,4 | 55,8 | 56,6 |
| 18,ALTURA FOSAPOPLITEA [SENTADO] | 38,6 | 39,3 | 40,9 | 42,4 | 43,9 | 45,3 | 46,2 |
| 19, ANCHURA BICIGOMATICA | 13,0 | 13,2 | 13,6 | 14,0 | 14,4 | 14,8 | 15,1 |
| 20, ANCHURA TRANSVERS, CABEZA | 14,5 | 14,7 | 15,0 | 15,5 | 15,8 | 16,2 | 16,5 |
| 21, ANCHURA BIACROMIAL | 36,3 | 37,1 | 38,3 | 39,6 | 41,1 | 42,3 | 43,2 |
| 22, ANCHURA BDELTOIDEA | 41,7 | 42,6 | 44,3 | 46,1 | 48,1 | 49,9 | 50,9 |
| 23, ANCHURA TRANSVERSAL TORAX | 25,4 | 26,3 | 27,5 | 29,1 | 30,9 | 32,6 | 33,7 |
| 24, ANCHURA ANT, POST, TORAX | 17,4 | 18,0 | 19,1 | 20,3 | 21,6 | 23,0 | 23,8 |
| 25, ANCHURA BICRESTAL | 24,3 | 25,1 | 26,3 | 27,8 | 29,4 | 30,8 | 31,7 |
| 26, ANCHURA BITRONCANTEREA | 29,3 | 29,9 | 30,9 | 32,1 | 33,4 | 34,5 | 35,3 |
| 27, ANCHURA CODO A CODO | 37,7 | 39,2 | 41,4 | 44,7 | 47,8 | 50,5 | 52,3 |
| 28, ANCHURA CADERAS | 30,9 | 31,5 | 33,2 | 34,9 | 36,6 | 38,3 | 39,2 |
| 29, ANCHURA CODO | 6,2 | 6,3 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,3 | 7,4 |
| 30, ANCHURA MUÑECA | 4,9 | 5,1 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,0 |
| 31, ANCHURA DE LA MANO | 7,7 | 7,9 | 8,1 | 8,4 | 8,7 | 8,9 | 9,1 |
| 32, ANCHURA DE RODILLA | 8,8 | 9,0 | 9,3 | 9,7 | 10,1 | 10,4 | 10,7 |
| 33, ANCHURA DEL TOBILLO | 6,8 | 6,9 | 7,1 | 7,4 | 7,6 | 7,9 | 8,0 |
| 34, ANCHURA DEL TALON | 6,0 | 6,2 | 6,5 | 6,8 | 7,1 | 7,4 | 7,6 |
| 35, ANCHURA DEL PIE | 9,0 | 9,2 | 9,5 | 9,9 | 10,3 | 10,6 | 10,9 |
| 36, LARGURA ANT, POST, CABEZA | 17,6 | 17,9 | 18,4 | 18,9 | 19,5 | 19,9 | 20,2 |
| 37, LARG, ALCANCE LAT, ASIMIENTO | 71,5 | 72,5 | 74,7 | 76,9 | 79,3 | 81,5 | 82,9 |
| 38, LARG, ALCANCE ANT, ASIMIENTO | 66,1 | 67,2 | 69,2 | 71,4 | 73,6 | 76,0 | 77,2 |
| 39, LARGURA DE LA MANO | 16,8 | 17,2 | 17,7 | 18,3 | 19,0 | 19,6 | 20,0 |
| 40, LARGURA PALMA DE LA MANO | 9,3 | 9,5 | 9,9 | 10,3 | 10,7 | 11,0 | 11,3 |
| 41, LARGURA NALGA A FOSA POPLITEA | 42,7 | 43,6 | 45,2 | 46,8 | 48,5 | 50,0 | 50,9 |
| 42, LARGURA NALGA A RODILLA | 52,7 | 53,7 | 55,3 | 57,0 | 58,7 | 60,3 | 61,3 |
| 43, LARGURA DEL PIE | 23,2 | 23,6 | 24,4 | 25,2 | 26,1 | 26,8 | 27,3 |
| 44, LARGURA PLANTA DEL PIE | 18,7 | 19,1 | 19,7 | 20,3 | 21,0 | 21,6 | 22,0 |
| 45, PERIMETRO CEFALICO | 52,8 | 53,4 | 54,4 | 55,5 | 56,6 | 57,8 | 58,5 |

Fuente: MriaCLemenciaAlzte/antropometria-jairo-estrada-percentiles

Anexo

Tabla 15: Matriz de Consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVO | MARCO TEORICO | | METODOLOGIA |
|--|--|---|---|--|
| <p>General:</p> <p>¿Es posible realizar el diseño de una máquina ergonómica boleadora de masas para la industria panificadora en la ciudad de Arequipa?</p> <p>Problemas</p> <p>Específicos:</p> <p>a) ¿Cómo es el diseño de las piezas para que sean eficientes y seguras en la máquina boleadora de masas?</p> <p>b) ¿Cuáles son las</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>Diseñar una máquina ergonómica boleadora de masas para la producción de 36 unidades de pan/min.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a) Determinar las funciones y estructuras de las piezas de la máquina boleadora de masas.</p> <p>b) Determinar las dimensiones de los componentes de la</p> | <p>Trabajos Previos</p> <p>García L., Ricardo A. (2019). Diseño de una máquina amasadora y laminadora automática de masa para pan.</p> <p>Universidad de San Pedro de Paula Santander. Colombia.</p> <p>Para el caso de la distancia entre centros calculada matemáticamente en cada una de</p> | <p>Bases Teóricas:</p> <p>Diseño:</p> <p>Se trata de desarrollar un plan para satisfacer la necesidad frente a un problema específico.</p> <p>Máquina:</p> <p>Sistema cuyos elementos transforman energía en trabajo.</p> <p>Mantenimiento:</p> | <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Tecnológico Descriptivo no experimental</p> <p>Tipo de investigación Básica, para elaboración de planos de fabricación y montaje de máquinas.</p> <p>Metodología del diseño:</p> <p>Basada en VDI 2221 y YDI 2225.</p> <p>Lista de Exigencias</p> <p>Permite identificar las características necesarias</p> |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| <p>medidas específicas de las piezas del diseño de la máquina boleadora de masas?</p> | <p>máquina para la distribución preliminar y general del diseño.</p> | <p>las etapas de los engranes, se comprobó que cada una cumple con la distancia mínima requerida. Utilizó software Solidworks, la cual es una herramienta importante para obtener una idea más clara de las piezas que contienen el prototipo y así determinar cuáles serán los componentes que están sometidos a mayores esfuerzos.</p> | <p>Control de componentes o de un sistema para su adecuado funcionamiento.</p> | <p>para cubrir las necesidades demandadas a resolver.</p> <p>Determinación de la Secuencia de Operaciones</p> <p>Secuencia de procedimientos que tendrán</p> <p>Estructura de funciones y esquema de black box</p> <p>Parámetros de entrada y salida para una función específica de la máquina.</p> <p>Matriz Morfológica</p> <p>Alternativas específicas para el diseño</p> |
|---|--|--|--|---|

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | <p>ESPINOZA M, Carlos y Martínez L, Ernesto (2017). Diseño y construcción de una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 kg hora de producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil-Ecuador.</p> <p>La máquina amasadora de pan opera 50 kg/20 min. Realiza un Diseño de Forma,</p> | | <p>considerando alternativas que solucionen las necesidades demandadas como materiales, técnicas y procesos.</p> |
|--|--|---|--|--|

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | Diseño Mecánico del eje, Características del Material, Diseño estático, Diseño dinámico, Flexión alternante, Torsión continua, utiliza el programa SOLIDWORKS para el bosquejo de planos del diseño. | | |
|--|--|---|--|--|

Fuente: Propia