

Desarrollo de prototipo de una máquina de impacto para el alisado del tejido en sombreros de paja toquilla en el municipio de Sandoná



Universidad  
**Mariana**

Ken Andersson Rosas Rojas

Universidad Mariana

Facultad De Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

San Juan De Pasto

2023

*Desarrollo de prototipo máquina de impacto para el alisado de sombreros en paja toquilla*

Desarrollo de prototipo de una máquina de impacto para el alisado del tejido en sombreros de paja toquilla en el municipio de Sandoná

Ken Andersson Rosas Rojas

Asesor:

Mag. Álvaro León Ibarra Ordoñez

Universidad Mariana

Facultad De Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

San Juan De Pasto

2023

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

## **Agradecimientos**

A mis queridos padres, no encuentro palabras suficientes para expresar mi profundo agradecimiento por el amor incondicional y el apoyo constante que han brindado en cada faceta de mi vida. La realización de este proyecto, que representa un hito significativo en mi camino, simplemente no habría sido posible sin la dedicación y sacrificio que ustedes han invertido en mi desarrollo. Mi corazón rebosa de gratitud al pensar en todo lo que han hecho por mí.

A lo largo de los años, ustedes han sido los pilares sólidos que me han sostenido en los momentos más desafiantes. Han depositado su confianza en mí, creyendo inquebrantablemente en mis aspiraciones, y eso ha sido la fuerza impulsora detrás de mis logros. Cada paso que he dado, cada desafío que he superado, ha sido respaldado por el amor y la guía que ustedes me han brindado. Les agradezco desde lo más profundo de mi ser.

Mi gratitud se extiende también a mi asesor, cuya valiosa orientación, paciencia y compromiso han sido fundamentales en la elaboración de este proyecto. Sus enseñanzas y consejos han iluminado mi camino, guiándome hacia la culminación exitosa de este arduo trabajo. El tiempo y esfuerzo que dedicaron para orientarme en la dirección correcta no pasan desapercibidos, y reconozco la importancia de su papel en este logro.

A mi familia, un núcleo que ha sido mi refugio constante, les debo un agradecimiento especial. Durante la creación de esta tesis, su amor y respaldo inquebrantable fueron faros que iluminaron incluso los momentos más oscuros. Sus consejos y aliento fueron pilares fundamentales que me ayudaron a superar desafíos y a mantenerme enfocada en mi objetivo. En este momento tan significativo, quiero dedicarte unas palabras que expresen la inmensidad de mi gratitud. Tu presencia ha sido una luz constante a lo largo de este camino académico, y quiero reconocer y agradecer el papel fundamental que has desempeñado en la realización de esta tesis.

Ian, tu amor incondicional ha sido mi ancla en los momentos de desafío y mi fuente de alegría en los triunfos. A lo largo de esta travesía, tu comprensión profunda y tu apoyo constante han sido más que una bendición; han sido la fuerza que me impulsó a alcanzar mis metas. Cada paso que he dado hacia el logro de este proyecto ha estado marcado por tu presencia alentadora.

## **Dedicatoria**

No hay palabras suficientes para expresar la profunda gratitud que siento por el amor incondicional y el apoyo constante que han brindado en cada faceta de mi vida. La realización de este proyecto, un hito significativo en mi camino, no habría sido posible sin la dedicación y sacrificio que ustedes han invertido en mi desarrollo. Mi corazón rebosa de agradecimiento al recordar todo lo que han hecho por mí. A lo largo de los años, ustedes han sido los pilares sólidos que me han sostenido en los momentos más desafiantes. Su confianza inquebrantable en mis aspiraciones ha sido la fuerza impulsora detrás de mis logros. Cada paso que he dado, cada desafío que he superado, ha estado respaldado por el amor y la guía que ustedes me han brindado. Les agradezco desde lo más profundo de mi ser.

A mi familia, mi refugio constante, les debo un agradecimiento especial. Durante la creación de esta tesis, su amor y respaldo inquebrantable fueron faros que iluminaron incluso los momentos más oscuros. Sus consejos y aliento fueron pilares fundamentales que me ayudaron a superar desafíos y a mantenerme enfocada en mi objetivo.

En este momento tan significativo, quiero dedicar unas palabras a Ian, mi compañero de vida. Tu amor incondicional ha sido mi ancla en los momentos de desafío y mi fuente de alegría en los triunfos. En este capítulo de gratitud, quiero reconocer y agradecer sinceramente el regalo invaluable de tenerte a mi lado. Eres la razón por la cual esta tesis ha cobrado vida y ha florecido en cada página. Ian, mi amado compañero, gracias por ser mi apoyo constante, mi inspiración eterna y, sobre todo, por ser el corazón latente en el éxito de este proyecto. Tu comprensión profunda y apoyo constante han sido más que una bendición; han sido la fuerza que me impulsó a alcanzar mis metas. Cada paso hacia el logro de este proyecto ha estado marcado por tu presencia alentadora. En resumen, mi gratitud se extiende a todos aquellos que han sido parte fundamental de este viaje, ya sea a través de amor, orientación o apoyo. Cada uno de ustedes ha dejado una huella indeleble en el éxito de este proyecto, y por eso estoy profundamente agradecido.

Ken Andersson Rosas Rojas

## Contenido

Introducción .....	13
1. Resumen del proyecto .....	14
1.1 Descripción – propuesta del proyecto .....	14
1.2 Descripción del problema.....	14
1.3 Formulación Del Problema .....	15
1.4 Justificación.....	16
1.5. Objetivos .....	17
1.5.1 Objetivo general .....	17
1.5.2. Objetivos específicos.....	17
1.6. Desarrollo de fundamentos teóricos.....	17
1.6.1. Marco teórico .....	17
1.6.2. Marco conceptual .....	24
1.6.3. Estado del Arte .....	29
1.6.4. Tipos de Máquinas de Alisado .....	32
1.6.5. Marco conceptual .....	43
1.6.6. Metodología .....	45
2.Presentación de resultados y análisis .....	49
2.1. Resultados del primer objetivo específico .....	49
2.1.1 Investigación del proceso de fabricación de sombreros en paja toquilla .....	49
2.1.2. Evaluación de diseño.....	50
2.1.3. Caracterización mecánica del material (Paja toquilla).....	52
2.1.4. Especificaciones de desempeño .....	57
2.1.5 Definir especificaciones técnicas de los diferentes productos a utilizar .....	58
2.1.6. Evaluación de las propuestas obtenidas del avance secuencial que se estableció .....	63
2.1.7 Diseño y elaboración de planos de fabricación del prototipo de máquina escogida.....	64
2.2. Resultados del segundo objetivo específico.....	66
2.2.1 Construir el sistema electromecánico que permita variar la intensidad en el impacto mecánico que va a realizar la máquina.....	67
2.2.2 Pruebas del laboratorio para determinar las cargas que estarán sometidos los sombreros ...	69

2.2.3 Verificación de los elementos a utilizar en el prototipo.....	75
2.2.4 Verificación de los elementos a utilizar .....	79
2.2.5 Proceso de construcción .....	83
2.2.6 Proceso de construcción electrónica .....	86
2.3. Resultados del tercer objetivo específico .....	87
2.3.1 Pruebas .....	87
3. Conclusiones .....	92
4. Recomendaciones.....	94
Referencias bibliográficas .....	96
Anexos.....	101

## **Índice de Tablas**

Tabla 1 Características y medidas de seguridad de la máquina .....	35
Tabla 2 Ventajas y desventajas de la máquina martilladora .....	38
Tabla 3 Fuerza de forja calculada en golpes/min con masas variables .....	39
Tabla 4 Diseños a evaluar .....	51
Tabla 5 Matriz de selección .....	52
Tabla 6 Valores $\alpha$ , $Z\alpha$ , $\beta$ y $Z\beta$ para diversos niveles de confianza .....	55
Tabla 7 Muestreo propiedades mecánicas de las diferentes fibras.....	56
Tabla 8 Especificaciones de desempeño .....	57
Tabla 9 Cálculos de rpm del motor con respecto a tamaño de las poleas .....	59
Tabla 10 Cálculos de rpm del motor respecto al tamaño de las poleas del mercado .....	59
Tabla 11 Tabla de evaluación.....	63
Tabla 12 Resultados de la prueba.....	73
Tabla 13 Especificaciones de motor Weg .....	76
Tabla 14 Propiedades mecánicas lamina SAE 1045 .....	77
Tabla 15 Ficha técnica de la polea .....	78

## **Índice de Figuras**

Figura 1 Sombrero plano.....	21
Figura 2 Plantilla sombrero base.....	21
Figura 3 Tejido de falda.....	22
Figura 4 Remate o pulido.....	22
Figura 5 Ejemplo De Paja Toquilla.....	25
Figura 6 Ejemplo De Palma De Iraca.....	25
Figura 7 Ejemplo De Cogollo De Paja O Iraca.....	26
Figura 8 Ejemplo De Cogollo De Paja Toquilla.....	27
Figura 9 Animación Cooperativa.....	27
Figura 10 Ejemplo Artesanías.....	28
Figura 11 Ejemplo Sombrero.....	28
Figura 12 Ejemplo Máquina.....	29
Figura 13 Calandria de lustrar, máquina de calandrado.....	32
Figura 14 Proceso de calandrado – distintos procedimientos de calandrado.....	33
Figura 15 Tras machine ejecución y funcionamiento.....	33
Figura 16 Martilladora BS5.....	34
Figura 17 Funcionamiento de la máquina -Vista en primer plano.....	35
Figura 18 Esta máquina reduce el uso del martillo manual en 80%.....	36
Figura 19 Análisis de impacto fuerza vs tiempo.....	37
Figura 20 Dispositivo de medición.....	37
Figura 21 Mecanismo de biela deslizante.....	38
Figura 22 Vista 3D de la Máquina martilladora.....	39

Figura 23 Vista isométrica del martillo.....	40
Figura 24 Estructura del martillo .....	41
Figura 25 Modificación de la leva .....	42
Figura 26 Esquema de la máquina y componentes .....	42
Figura 27 Metodología .....	45
Figura 28 Proceso de fabricación de sombreros de paja toquilla.....	50
Figura 29 Tabla de resultados .....	54
Figura 30 Diagrama de esfuerzo y deformación de Cinco fibras.....	55
Figura 31 Termogamimetria Iraca.....	57
Figura 32 Relación de velocidades sistema de poleas con correa.....	58
Figura 33 Señalización y advertencia .....	62
Figura 34 Clasificación de las máquinas y equipos según sus niveles de vibración.....	63
Figura 35 Boceto a mano alzada de la máquina presente en San dona.....	64
Figura 36 Boceto a mano alzada de la máquina a presentar .....	65
Figura 37 Panel de control y almacenamiento de los dispositivos electrónicos .....	65
Figura 38 Pedal de accionamiento de la máquina .....	66
Figura 39 Efectos de las vibraciones atendiendo a su frecuencia .....	67
Figura 40 Informe de instrumentos de medición .....	68
Figura 41 Ítems a tener en cuenta durante las pruebas.....	71
Figura 42 Prueba de tensión introducción de los parámetros a la máquina Dirimpex.....	72
Figura 43 Máquina Dirimpex para realizar pruebas de tensión y compresión. ....	72
Figura 44 Obtención de la fuerza máxima que se le puede aplicar al tejido.....	73
Figura 45 Fotografías espectrales.....	74
Figura 46 Comparación de tejido antes de la prueba .....	74
Figura 47 Banda B-63 .....	75

Figura 48 Motor Weg 2 hp.....	76
Figura 49 Lamina SAE 1045 1/4 .....	77
Figura 50 Prototipo con polea escalonada y polea 8” .....	78
Figura 51 Luces testigo .....	79
Figura 52 Botón de paro de emergencia .....	80
Figura 53 Breaker de riel Bipolar 2x16amp.....	80
Figura 54 Relé térmico CHINT NR2-36.....	81
Figura 55 Contactor CHINT NC1-1810 .....	81
Figura 56 Tomacorriente doble.....	81
Figura 57 Caja de derivación plástica .....	82
Figura 58 Botón doble tecla on/off .....	82
Figura 59 Construcción de cigüeñal.....	83
Figura 60 Estructura de la máquina .....	83
Figura 61 Ensamble de mecanismo de impacto - seguidor.....	84
Figura 62 Ensamble de chumaceras y poleas.....	84
Figura 63 Prototipo de máquina al 80% .....	85
Figura 64 Prototipo de máquina de impacto al 100% .....	86
Figura 65 Ensamble de caja de control .....	86
Figura 66 Instalación de la caja de control.....	87
Figura 67 Proceso de alisado alimentación de materia prima.....	88
Figura 68 comparación espectral mediante matlab.....	88
Figura 69 Proceso de alisado eliminación de rugosidades.....	90
Figura 70 Elementos a utilizar en el prototipo con sus respectivos costos .....	91
Figura 71 Esquema básico del funcionamiento del controlador .....	109
Figura 72 Diagrama de conexión caja de control.....	110

**Índice de Anexos**

Anexo A. Pruebas de laboratorios.....101

Anexo B. Planos.....104

Anexo C. Planos eléctricos.....109

Anexo D. Manual del usuario versión español.... 111

Anexo E. Manual del usuario versión ingles.....113

Anexo F. Estudios de movimiento y simulaciones de solidworks.....115

## **Introducción**

El sombrero de paja toquilla, una joya artesanal tradicional originaria de Colombia, destaca por su excepcional calidad y durabilidad. Su proceso de elaboración, especialmente el laborioso alisado manual de los tejidos, requiere de una habilidad única y un tiempo significativo. En el pintoresco municipio de Sandoná, ubicado en el departamento de Nariño, esta tradición ha perdurado a lo largo del tiempo gracias a la dedicación y destreza transmitida de generación en generación en cientos de familias.

Sandoná se ha convertido en un epicentro reconocido en el ámbito comercial por su contribución a la industria de sombreros tejidos en paja toquilla. El tejido, principalmente elaborado a partir de la palma de Iraca, adquiere un valor que oscila entre los 20.000 y 250.000 mil pesos, según la calidad y detalles intrincados del sombrero (Pasto, 2015). La destreza artesanal de los habitantes de Sandoná se refleja en la producción anual de aproximadamente 500.000 sombreros, aunque este proceso manual es complejo y tedioso, con tiempos de elaboración que varían de 5 a 10 días, dependiendo de la calidad del producto final (Pasto, 2015).

A medida que la región experimenta un crecimiento económico agroindustrial en las veredas circundantes a Sandoná, la labor agrícola realizada por los campesinos se ha convertido en el motor que impulsa la extracción de las materias primas utilizadas en la manufactura de distintos objetos, especialmente los sombreros de paja toquilla. Este auge económico ha trascendido las fronteras nacionales e internacionales gracias a pequeños microempresarios locales, quienes, con dedicación y esfuerzo, han llevado la exportación de estos productos más allá de las fronteras, satisfaciendo la creciente demanda durante ferias, festivales y períodos vacacionales. La economía rural de la región se ha visto fortalecida, transformándose en un testimonio vivo de la riqueza cultural y comercial que emana de la tradición artesanal de los sombreros de paja toquilla en Sandoná. Con el fin de fortalecer la economía de esta región y de los microempresarios de la industria de sombrererías, el proyecto de investigación se centra en el diseño de un prototipado de máquina que permita mejorar las condiciones de elaboración del sombrero y no genere una contaminación auditiva crónica para los operarios y personas a su alrededor.

## **1. Resumen del proyecto**

Para la elaboración de los sombreros la población que vive de esta industria, ha optado por el uso y empleo de maquinaria artesanal con el fin de optimizar las distintas fases del proceso, cabe aclarar el hecho de que es evidente que dichas máquinas empleadas actualmente permiten acelerar el proceso de elaboración de sombreros en general.

Sin embargo, hoy en día las máquinas que realizan el impacto en el proceso de alisado son rudimentarias, debido a que generan ruido excesivo convirtiéndolas en un foco de contaminación auditiva que implica un riesgo auditivo potencial para el operario que las maneja, además de no contar con mecanismos de seguridad que garanticen la integridad física del grupo de trabajo.

### **1.1 Descripción – propuesta del proyecto**

Debido a su diseño, estructura robusta y materiales rústicos no adecuados dichas máquinas provocan mala calidad en cierto número de ejemplares, causando pérdidas para los microempresarios tanto en materia prima, tiempo y salario que devengan los trabajadores que las operan.

Por ende, como solución a estas problemáticas se plantea el desarrollo de un prototipo de máquina de impacto la cual desarrolle el proceso del alisado y que salvaguarde la integridad auditiva de los operarios y que evite la pérdida de sombreros durante su proceso.

### **1.2 Descripción del problema**

Las máquinas actuales que realizan el proceso de alisado de sombreros de paja toquilla generan problemas de salud y calidad de los sombreros. El ruido excesivo que producen puede provocar pérdida auditiva en los trabajadores, las vibraciones mecánicas pueden provocar lesiones en los trabajadores y los materiales rústicos que utilizan pueden causar daños en los sombreros.

Cerca de esclarecer el confirmado de que es fidedigno que dichas máquinas empleadas actualmente permiten sintetizar el trabajo de elaboración de una persona que tiene experiencia en el campo y en donde en la elaboración su patrimonio prevalezca o sea conservado culturalmente, en la elaboración de dichos productos, hoy en día las máquinas que realizan el llamado proceso de

alisado son rudimentarias y estrepitosas, debido a que generan un clamor astronómico convirtiéndolas en un foco problema de salud, como problemas audición y que al estar a exposición a vibraciones mecánicas como a cualquier movimiento o fuerza mecánica oscilante continua o intermitente, que afecta al hombre en el trabajo a través de estructuras y que implica un riesgo para los funcionarios de la máquina como a los empleados alrededor y un problema más grave para el operario, incluso de no valer con mecanismos de que garanticen el decoro del operario.

Debido a que las máquinas utilizadas no se rigen bajo ninguna normativa de seguridad como lo es la norma ISO 9001 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización o International Standardization Organization por sus siglas en inglés ISO, que determina los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, que puedan ser utilizados para su aplicación interna por las organizaciones sin importar si el producto y/o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, y cabe resaltar que a Colombia la rige la norma NTC-ISO 9001: del 2015 que contiene los requisitos del modelo de gestión y además amplía cada uno de los puntos con más explicaciones y casos. Cabe mencionar que bajo las normas OHSAS 18001:2007 es una norma para la gestión de la seguridad y salud ocupacional dando inicio así a la serie de normas internacionales relacionadas con el tema seguridad y salud ocupacional que viene a complementar a la serie ISO 9001 calidad e ISO 14001 ambiente.

Debido a su diseño, estructura gorda y materiales rústicos no adecuados dichas máquinas provocan mala estofa, causando pérdidas para los productores debido a los efectos que producen las vibraciones mecánicas el equipo segrega por medio de un goteo líquidos que contaminan los tejidos como también afecta a los microempresarios que devengan perdidas en su producción generando perjuicios en los lotes.

### **1.3 Formulación Del Problema**

¿Cómo realizar el proceso de alisado de sombreros a través de un equipo semiautomático para que cumpla con los niveles de seguridad óptimos para salvaguardar la integridad física del operario y mejorar la calidad del producto final?

El equipo semiautomático es una solución viable para el problema porque permite automatizar el proceso de alisado, lo que reduce el tiempo y mejora la calidad del producto final.

## **1.4 Justificación**

Nariño es un departamento de alto crecimiento económico debido a su importante productividad agrícola, agroindustrial y su actividad turística se ha desarrollado en los últimos años.

“Sandóná cuenta con más de 1789 cultivadores con un área de siembra de más de 1629 hectáreas las cuales están ubicadas a 1848 m.s.n.m” (Federación Nacional de Agricultores de Colombia ,2019). Se estima que las áreas productoras de paja toquilla son equivalentes a un 30% del territorio del municipio, dicha cifra es una muestra que nos permite dimensionar la gran cantidad de población que depende de esta industria. (Cifuentes, 2015).

El proceso de elaboración de los productos artesanales son complejos, ya que se pierde demasiado tiempo en las distintas etapas de fabricación; uno de los procesos más deficientes es el alisado manual que genera una pérdida de tiempo significativa. La Organización Internacional para la Estandarización o ISO dicta en sus normas el conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los agentes contaminantes y factores de riesgo que se puedan presentar dentro de los ambientes de trabajo y que puedan generar accidentes. (Politecnico gran colombia, 2019).

Por lo cual el diseño del prototipo de alisado va a mejorar el campo laboral y protegerá la salud y cuidado auditivo de los usuarios y mejorará el rendimiento de este proceso reduciendo el tiempo de alisado y permitiendo la fabricación de más sombreros en el mismo tiempo conservando y garantizando la aplicación de las normativas de seguridad estandarizadas en la norma ISO 9001 y en las normas OHSAS 18001 :2007 dado que la Seguridad y Salud en el trabajo (SST), es una disciplina que se encarga de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Este Sistema consiste en el desarrollo de un proceso lógico por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo.

Además de mejorar la calidad de cada sombrero debido a su calibración, el prototipo constará de todas las normas de seguridad y salud en el trabajo bajo las normas ya mencionadas,

garantizando así un acabado más suave gracias a la proporcionalidad de presión e impacto requerido para el alisado que se lleva a cabo bajo las regulaciones del prototipo y sus estándares. El desarrollo del equipo semiautomático se llevará a cabo en tres etapas:

- Diseño y construcción del prototipo.
- Pruebas y evaluación del prototipo.
- Producción y distribución del equipo semiautomático.

El desarrollo del equipo semiautomático podría contribuir al crecimiento económico de la región al aumentar la productividad de la industria del sombrero de paja toquilla."

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Desarrollar un prototipo de máquina de impacto para el alisado de sombreros de paja toquilla para las empresas fabricantes de sombreros del municipio de Sandoná - Nariño.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

Diseñar el sistema electromecánico que permita hacer el proceso de alisado de la paja toquilla

Construir el sistema que permita variar la intensidad en el impacto mecánico que va a realizar la máquina.

Verificar el funcionamiento de la máquina, mediante pruebas de calibración, presión, ductilidad realizar los diferentes ajustes y redactar el manual de usuario.

## **1.6. Desarrollo de fundamentos teóricos**

### ***1.6.1. Marco teórico***

Nariño es un Departamento rico en patrimonio. Las variadas manifestaciones de arte y cultura popular dan cuenta de esta característica y sin duda el tejido del sombrero de paja toquilla constituye uno de los iconos de esta riqueza nacional que ahora forma parte del patrimonio cultural inmaterial de la humanidad (Contreras, 2015).

Según el Ministerio de Cultura y Patrimonio de Colombia (2020), el proceso de elaboración de sombreros de paja toquilla consta de las siguientes etapas:

Tracción: Se seleccionan las hojas de la palma de iraca y se separan las fibras más finas.

Compostura: Se mezclan las fibras con agua y se dejan reposar durante varios días.

Tejido: Se teje el sombrero con la ayuda de un telar.

Alisado: Se alisado el tejido del sombrero con un martillo de madera.

Terminación: Se le da la forma final al sombrero y se aplica un tratamiento para protegerlo del sol y la lluvia.

La tradición de la elaboración de los sombreros de paja toquilla se remonta desde antes, ya que los pueblos antepasados que habitaron Nariño elaboraron figurinas de cerámica cuyos tocados simulan sombreros que posiblemente se realizaron con paja toquilla (Turismo, 2014).

En esta época también usaban fibras vegetales para la confección de sogas, telas, cestas y peculiares objetos para cubrirse de sol, que recibían el nombre de sombreros. Desde entonces se puede denotar que la tradición del sombrero ha pasado por diversos procesos de comercialización. Actualmente, en Sandoná su producción y comercialización es diferente a la que se realizaba en el siglo XIX. En el proceso intervienen decenas de familias, quienes trabajan bajo pedido o para sostener el negocio y además lo alternan con actividades agrícolas u otro tipo de comercio.

Hablar de paja toquilla es hablar de Sandoná, un municipio donde se inicia el tejido del sombrero. Hay un amplio conocimiento en el uso de la toquilla para diferentes artesanías en este caso el tejido tradicional del sombrero representa desde tiempos, un símbolo de identidad en este municipio que en si rinde un homenaje y deja un legado para futuras generaciones (Sanchez Obando, 2013)

**1.6.1.1. Proceso de la paja toquilla.** Una vez seleccionada la palma, se siguen varios procesos para transformar la paja en las finas hebras que se utilizaran en el tejido del sombrero. En muchos casos, estos procesos los llevan a cabo artesanos que se especializan en una fase específica del ciclo de elaboración. Por ejemplo, lo que se conoce como blanqueo es realizado casi exclusivamente por artesanos de Sandoná los cuales saben el total mezclado de azufre y otras sustancias que se deben utilizar. Para poder blanquearla se la coloca en un ahumador que contiene un recipiente con carbón y azufre en la parte baja. Este proceso permite blanquear la paja para empezar el tejido.

Los tejedores recogen y preparan la paja para iniciar el proceso de tejido. Comienzan con la selección de la paja por el color, luego proceden al rajado de la paja, tarea que puede llevarles varios días, hasta obtener las cantidades que se requieren para el tejido. Para empezar a tejer, se realiza el paso conocido como inicio de corona. El hábil artesano humedece sus manos y con ocho hebras realiza la primera vuelta entrecruzando una a una las pajas, de tal manera que unas van quedando hacia arriba y otras hacia abajo. El siguiente paso se conoce como el tejido de la plantilla que permite dosificar la cantidad exacta de hebras o pajas con la finalidad de que el sombrero no se vea ralo, es decir con poco sustento. Luego, se realiza el paso denominado bajado de copa.

Se lo ejecuta primero comprobando si las plantillas están bien realizadas, mientras que con la ayuda de una horma se ajusta el tejido general, entre otras cosas, se vigila el grosor de cada hebra: si alguna resulta más gruesa se la esquina, es decir se adelgaza la paja hasta dejarla como las demás.

Después, se procede a realizar el tejido de la mitad a la derecha, luego se regresa a la izquierda; de la otra mitad hacia la derecha y luego hacia la izquierda; en cada una se avanza una hebra del otro lado.

**1.6.1.2. Proceso de Compostura.** Los tejedores no concluyen el trabajo con el tejido del ala. Así, el sombrero pasa después a manos de los componedores quienes realizan un trabajo de embellecimiento. Los artesanos quitan las pajas sobrantes, cambian las pajas de colores oscuros o amarillentos, apalean el sombrero hasta dejarlo sin ninguna falla y los entregan a los comerciantes. Finalmente, ellos se encargan de dar la forma solicitada al sombrero y venden el producto a nivel nacional e internacional.

**1.6.1.2.1. Apaleado.** Consiste en golpear cuatro sombreros doblados a la vez con un mazo, azufre y una piedra. Esta fase sirve para corregir las fallas del tejido. El apaleado sirve para corregir las fallas del tejido y darle al sombrero una forma uniforme.

**1.6.1.2.2. Compostura.** En Sandoná se encuentran de manera exclusiva la etapa de finalización del sombrero. Allí, hombres y mujeres se dedican al rematado, azocado, descoronado, despeluzado, apaleado, lavado, ahumado, planchado y hormado del sombrero.

**1.6.1.2.3. Remate y azocado.** La compostura de inicia con el remate y el azocado del sombrero. El tejedor entrega al intermediario el sombrero sin terminar, esto es, lleno de pajas y sin haberlo rematado. El remate y el azocado sirven para dar al sombrero una forma uniforme y eliminar las pajas sobrantes

**1.6.1.2.4. Despeluzado y descoronado.** El componedor solamente hace el remate y azocado, luego lo pasa a manos especializadas para el descoronado, que consiste en dejar la plantilla sin ninguna paja sobresaliente.

**1.6.1.2.5. Planchado y hormado.** El planchado y hormado de sombreros de paja toquilla es un paso del proceso que da la forma al sombrero. Se usa una tela de liencillo o lino de color blanco para ponerla encima del sombrero y una plancha. Antes, se usaban las planchas de hierro calentadas sobre las brasas, actualmente se plancha con artefactos electrónicos. El planchado y hormado requiere de cuidado pues el calor excesivo puede dañar la paja y amarillear el sombrero.

La elaboración de sombreros de paja toquilla es un proceso completamente manual; para empezar, es necesario hacer un cuadro que es la parte plana de la copa, o el centro de la plantilla como se observa en la fotografía.

**Figura 1**

*Sombrero plano*



Fuente: Ministerio de Cultura y Patrimonio del Ecuador (2017, abril 26)

Nota: En la Figura 1 se puede apreciar la primera etapa del tejido correspondiente para la elaboración de sombreros de paja toquilla como lo es la copa o corona del sombrero

Luego se sigue tejiendo hasta completar la plantilla para poder tejer la copa que es la parte vertical y forma la parte cóncava del sombrero.

**Figura 2**

*Plantilla sombrero base*



Fuente: Style Shock Visual (2019, agosto 2)

Nota: En la Figura 2 el artesano es quien elige que tipo de sombrero tejer ya que existen 5 tipos de copa como lo es la copa redonda, copa oval, copa gota de agua, copa diamante y copa partida siendo.

Después de haber tejido la copa se sigue tejiendo la falda o ala del sombrero, que es la parte inferior y sobresale en forma de disco, tal como se muestra en la fotografía anterior.

### **Figura 3**

*Tejido de falda Sombreros de Paja*



Fuente: Artesanías de Colombia (2022) (*Artesanías*, 2022).

Nota: En la Figura 3 se observa como es el artesano quien selecciona la paja según su tamaño grosor y blancura, este proceso involucra humedecer las manos para poder trabajar las fibras.

Para finalizar se hace el remate, que es un entrelazado de pajas para que no se dañe el tejido.

### **Figura 4**

*Remate o pulido*



Fuente: Adriantacuri1996 (2022). Sombreros de Paja. (*Adriantacuri*, 2022)

Nota: En la Figura 4 el artesano utiliza sus manos para finalizar el proceso de tejido el cual involucra cortar los excesos de paja con unas tijeras y realizar el remate de la mejor manera evitando imperfecciones, puliendo y ocultando los cortes aplicando un poco de presión y calor en ala del sombrero

**1.6.1.3. Proceso de alisado.** El proceso de alisado es el método por el cual los sombreros de paja toquilla son refinados y tienen un acabado más sutil. Este consiste en disminuir el grosor de la paja a un nivel de suavidad que no lastime al usuario pues se empieza dando golpes o ejerciendo presión a la copa y ala del sombrero empleando máquinas especializadas contribuyendo a la calidad y mejorando la apariencia de este. El proceso literalmente es nuevo se pueden llegar a alisar alrededor de 7 sombreros por cada 10 minutos.

**1.6.1.4. Materiales y herramientas.** Es conocido que el proceso tecnológico de producción artesanal se fundamenta en el trabajo manual y el uso de herramientas relativamente simples con bajo agregado tecnológico. A continuación, se mencionan los materiales y herramientas necesarios para la elaboración de sombreros de paja toquilla.

Resulta indispensable una horma, puesto que es con esta que se da la forma a la copa, las hay de distintos tamaños y formas, dependiendo del artículo que se vaya a tejer. Las hormas son talladas en un trozo de madera o metal como aluminio. La mayoría de artesanos tienen una sola horma ya que son de durabilidad indefinida, y quien se encarga de dar la talla del sombrero es la horma que utilizan el taller, pues al prensarlo, esta toma la forma de la horma que se le haya colocado.

También es necesaria una correa para ir ciñendo el tejido de la copa a la horma; las artesanas son muy recursivas en cuanto a la búsqueda de un elemento que les sea útil para tal propósito, pues usan desde el caucho de las botas pantaneras hasta una correa de pantalón. Algunos no utilizan dichas correas, sino que se hace uso de un simple cordón de zapatos que también cumple muy bien la función asignada.

Además, las artesanas utilizan una piedra, que ellas mismas buscan; la piedra sirve para colocarla sobre el cuadro y así mantenerlo fijo mientras tejen el resto del sombrero. Anteriormente eran muy utilizados elementos como el plato y la rueca; el plato era usado para tejer la copa, pero actualmente se utilizan hormas.

El abandono de este tipo de elementos se explica por la afectación en la postura que debe asumirse cuando se teje en rucas, pues quienes las utilizan generalmente deben sentarse en el piso, lo que ocasiona dolores musculares, principalmente en la parte baja de la espalda, calambres en las piernas, entre otros.

**1.6.1.5. Oferta de productos.** En el municipio de Sandoná la oferta de productos artesanales elaborados en paja toquilla no es muy variada; la mayoría de artículos que se elaboran son sombrereras, aunque también se tejen pavas, sombreros de niño, aretes, bolsos, adornos y otros accesorios.

Del total de la producción estimada (2325 artículos) el 91% corresponde a sombreros, dentro de los cuales los que tienen mayor porcentaje son los sombreros blancos con un 55%, seguido de los sombreros que tienen combinación de colores o son de un solo color, por ejemplo, sombreros negros, o sombreros que tienen alguna figura con un 39%. Los sombreros pequeños de niño tienen una menor participación, el resto de la producción corresponde a artículos distintos a los sombreros.

**1.6.1.5. Tiempo de elaboración.** Un artesano nos cuenta que el trabajo artesanal de elaboración de artículos de paja toquilla y en especial los sombreros requiere bastante tiempo, es muy desgastante y además muy mal pagado. En el municipio de Sandoná, un artesano de la zona rural gasta en promedio 11 horas en elaborar un sombrero blanco, 10 en un sombrero de color, 8 en un sombrero de niño y una pava (Crespial, 2012).

### ***1.6.2. Marco conceptual***

Existen gran variedad de fibras a continuación se mencionarán las fibras más utilizadas para la elaboración de sombreros y las que se pueden encontrar dentro del mercado.

**1.6.2.1. Paja Toquilla.** La paja toquilla proviene de una especie de palmera sin tronco, cuyas hojas en forma de abanico surgen desde el suelo sostenidas por largos peciolos cilíndricos. Cada planta presenta hojas anchas de 2 a 3 metros de longitud, de las cuales se extraen fibras que, mediante un proceso específico, se convierten en una materia prima utilizada para la creación de diversos objetos artesanales. La altura de la paja puede variar según las especies y variedades cultivadas, pero existen tratamientos que permiten controlar su crecimiento.

### **Figura 5**

*Ejemplo De Paja Toquilla*



Fuente: Dreamstime, 2000, por John Doe (*Dreamstime, 2000*)

**1.6.2.2. Palma de Iraca.** Es la palma de cuyas hojas, tras un proceso no muy complejo se obtiene la paja toquilla. Además, es una fibra natural utilizada por artesanos colombianos en los departamentos del Atlántico, Nariño y Caldas. Con ella elaboran bolsos, canastos, abanicos, sombreros, entre otros accesorios (Colombia, 2019).

### **Figura 6**

*Ejemplo De Palma De Iraca*



Fuente: Más Colombia la iraca no solo sirve para hacer artesanías (*Colombia más, 2022*).

**1.6.2.3. Cogollo de paja o iraca.** El cogollo de paja o iraca es la fibra con que se tejen los artículos de paja toquilla provenientes de la palma de iraca. Se trata de una estructura en forma de abanico que se encuentra en el extremo de la hoja de la palma. El cogollo está compuesto por más de 50 fibras, las cuales son empleadas en la realización de diferentes artesanías, como sombreros, bolsos, canastos, abanicos, entre otros. El cogollo es un elemento primordial dentro de la industria fabricadora de paja toquilla y, además, puede venir en varios colores. (Jurado, 2017).

**Figura 7**

*Ejemplo De Cogollo De Paja O Iraca*



Fuente: Manojos de iraca (Ochabe, 2023)

**1.6.2.4. Mazo de Paja Toquilla.** Es el conjunto de 100 cogollos de paja toquilla donde cada uno de los cogollos puede venir en diferente aspecto, textura, o color dependiendo del uso que se le vaya a dar o según los acabados que se requiera (Colombia, 2019).

**Figura 8**

*Ejemplo De Cogollo De Paja Toquilla*



Fuente Cómo se teje un Sombrero de Paja Toquilla (Panama Hat): (Maki, 2017).

**1.6.2.5. Cooperativa.** Hace referencia a una organización de personas que más que buscar fines lucrativos, busca la satisfacción de las necesidades de sus miembros, esto, con el objeto de mejorar sus condiciones de vida. (Española, 2019). Se puede decir también que es empresa asociativa sin ánimo de lucro, en la cual los trabajadores o los usuarios, según el caso, son simultáneamente los aportantes y los gestores de la empresa, creada con el objeto de producir o distribuir conjunta y eficientemente bienes o servicios para satisfacer las necesidades de sus asociados y de la comunidad en general. Las cooperativas se rigen por la ley 79 de 1988, y la ley 454 de 19982 (Benitez, 2018).

**Figura 9**

*Animación Cooperativa*



Fuente: Reflexiones sobre la construcción de una sociedad cooperativa (Krimerman, 2015).

**1.6.2.6. Artesanía.** Se considera artesanía todo aquello que ha sido elaborado a través del arte de las manos, es decir, aquel objeto que no requiere mayor intervención de maquinaria para su elaboración, que usualmente son utilizados como productos decorativos o de uso común. (Española, 2019).

### **Figura 10**

*Ejemplo Artesanías*



Fuente: La Paja Toquilla en la historia/ (Isidro, 2018)

**1.6.2.7. Sombrero.** Este es un accesorio de vestimenta diseñado para proteger la cabeza del sol. Los sombreros se distinguen de las gorras en virtud de que los primeros poseen un ala que rodea toda la prenda, mientras que las gorras únicamente tienen visera. El uso de sombreros tiene una tradición que se remonta a más de dos siglos, y pueden estar confeccionados con diversos materiales como lana, piel, fieltro, cuero y paja. (Española, 2019).

### **Figura 11**

*Ejemplo Sombrero*



Fuente : Sombreros de Paja Toquilla (Ministerio, 2014).

**1.6.2.8. Máquina.** Es una herramienta que contiene una o más partes que utiliza la energía para llevar a cabo una acción destinada. Las máquinas están normalmente alimentadas por medios mecánicos, químicos, térmicos o eléctricos y con frecuencia están motorizadas sin embargo la electrónica ha venido modernizando y estas ya no tienen partes que consideren importantes para el buen funcionamiento es por esto que hay diferentes tipos de máquinas simples y más compuestas. (Española, 2019).

## **Figura 12**

### *Ejemplo Máquina*



Fuente: Definición de máquina. (Equipo, 2011).

### **1.6.3. Estado del Arte**

Investigación en torno al tejido del sombrero de paja toquilla. Aquí se recoge el proceso de elaboración del sombrero, desde el cultivo de la paja hasta su transformación en una de las artesanías más reconocidas de Nariño, este fue remitido a la organización de las naciones unidas a la lista de patrimonio inmaterial. Para el desarrollo del proyecto se realizó un estudio bibliográfico de diferentes proyectos trabajados en el área, los cuales se describen a continuación:

### **Las hebras que tejieron nuestra historia**

**(Bogotá, Colombia)**

Investigación en torno al tejido del sombrero de paja toquilla. Aquí se recoge el proceso de elaboración del sombrero, desde el cultivo de la paja hasta su transformación en una de las artesanías más reconocidas de Nariño, este fue remitido a la organización de las naciones unidas a la lista de patrimonio inmaterial (Regalado Espinoza,2015).

AUTOR Y AÑO: Instituto nacional de patrimonio cultural (2015)

### **Diseño y construcción de una máquina de impacto normalizada**

**(Bogotá, Colombia)**

En este documento se presenta el diseño y construcción de una máquina de impacto para la medición “in situ” del aislamiento acústico de pisos al ruido de impactos, esta máquina se construyó siguiendo todos los requisitos que se encuentran en la norma ISO 140-7. (Alexander Rodríguez,2009).

AUTOR Y AÑO: Universidad de San Buenaventura (2009)

### **Diseño y simulación de una máquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja para una industria cosmética.**

**(México)**

Se mejora el proceso de sellado de cajas de cartón en la industria cosmética. Belcorp S.A. se realiza un diseño estructural a partir de pruebas y buscando dar la mejor opción para satisfacer las necesidades específicas que requería el proceso de sellado. (Juan Marco,2005).

AUTOR Y AÑO: Marco Aurelio Pérez Vargas Y Juan Pablo salcedo (2005)

### **Diseño y construcción de una máquina de ensayo de impacto charpy**

**(Latacunga, Ecuador)**

Surge la necesidad de implementar en el laboratorio de resistencia de materiales, dotándoles con una máquina de ensayo de impacto Charpy con una visión acorde al avance tecnológico, enmarcándole al futuro profesional inmiscuido dentro de esta rama poder seguir elevando su nivel académico. (Cristina Viracocha,2014).

AUTOR Y AÑO: Viracocha Cristina, Luisa Landa, Edison Geovanny (2014)

### **Diseño y construcción de máquina para hincado de pilotes de acero**

**(Bucaramanga, Colombia)**

El objetivo de este proyecto es el diseño y la construcción de una máquina para el hincado de tubos en el sector petrolero. Dicha necesidad surgió de los análisis realizados a los mecanismos empleados actualmente para llevar a cabo esta labor en el sector de Tibu, Norte de Santander. La cuadrilla de trabajadores se expone a riesgos laborales y lesiones osteomusculares. Asimismo, esta situación conlleva a aumentar los costos en la ejecución de contratos. (Edwin Fernando Fontecha Rodríguez, 2008)

AUTOR Y AÑO: Edwin Fernando Fontecha Rodríguez (2008)

### **Determinación de incertidumbre en pruebas de impacto.**

**(Ciudad de México, México)**

La incertidumbre es un parámetro, asociado con el resultado de la medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser fundamentalmente atribuidos a lo que se mide. El presente trabajo establece una metodología para la determinación de la incertidumbre en las pruebas de impacto, conforme el método descrito en la norma ASTM E 23 “Norma de ensayos para prueba de resistencia de impacto en materiales metálicos”. (Cruz Pérez Said, 2010).

AUTOR Y AÑO: Cruz Pérez Said y Soto Piña Viviana (2010)

#### **1.6.4. Tipos de Máquinas de Alisado**

##### **Proceso de alisado**

En la investigación realiza por medio de revisiones bibliográficas se pudo encontrar distintos sistemas y mecanismos que permiten alisar tejidos. Para alisar tejidos se utilizan diversos equipos, algunos de ellos son.

**1.6.4.1 Calandria.** La calandria se compone de dos o más laminadores que se tocan y cuya presión se gradúa. La tela pasa por entre los dos primeros cilindros superiores, después entre el segundo y tercero y así sucesivamente. Se denomina calandria a una máquina que se emplea en los telares o fábricas de tejidos para brillarlos, principalmente cuando se trata de telas de algodón (ver Figura 13).

La calandria se emplea para dar la última presión a los tejidos antes de ponerlos a la venta, como también para hacer su superficie tersa, unida y consistente. Así se requiere para los tejidos que han de ser sometidos a la impresión variando el grado de presión y consistencia. (Wikipedia, 2019).

##### **Figura 13**

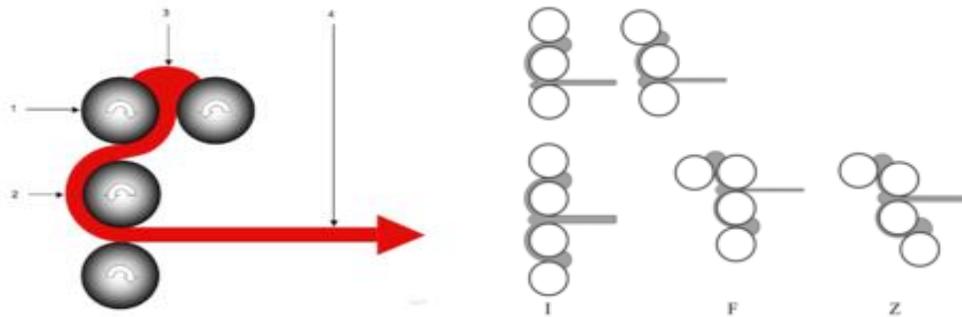
*Calandria máquina de lustrar, máquina de calandrado*



Fuente: Calandria-máquina. (Wikipedia, 2023).

**Figura 14**

*Proceso de calandrado – distintos procedimientos de calandrado*

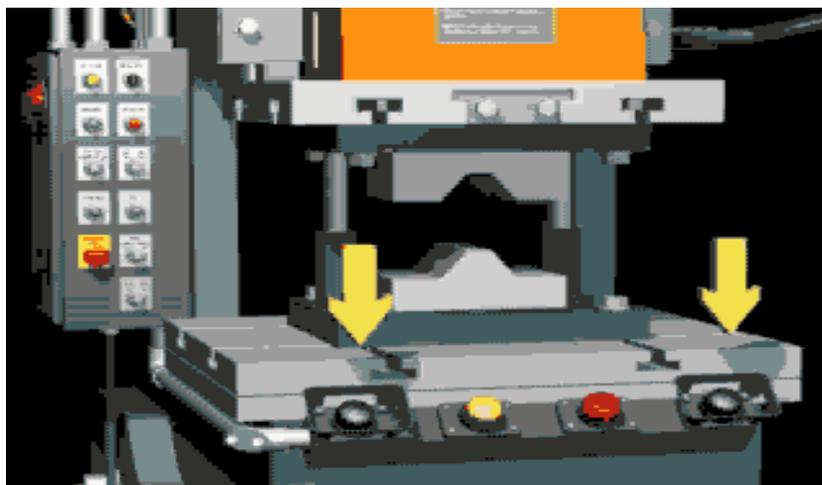


Fuente: Calandria-máquina (Wikipedia, 2023)

**1.6.4.2 Troqueladora de pistón (Troax Machine).** Es una máquina que aplica presión a materiales con el objeto de deformarlos. Esta máquina está provista de dos torques un fijo y otro móvil (Figura 3). Particularmente la troqueladora de pistón tiene serie de pistones accionados gradualmente, lo que disminuye su eficiencia. En su recorrido se tarda en terminarlo aproximadamente 7-8 segundos, por lo cual su aplicación está delimitada para el corte y moldeo de placas a base de aluminio. (Machine, 2014).

**Figura 15**

*Tras machine ejecución y funcionamiento*



Fuente: Troqueladora (AFT, 2016).

**1.6.4.3 Martilladora BS7.** La máquina es apta para rebatir y estirar las costuras de acoplamiento de bolsos y varios artículos de marroquinería, la máquina se ha caracterizado por trabajos como:

- Accionamiento a través de pedal.
- Rotación del brazo a U para la inserción y la extracción fácil de los bolsos.
- Calefacción del yunque con regulación de la temperatura. (Coli-FB, 2017).

### **Figura 16**

*Martilladora BS5*



Fuente: Martilladora BS5 (Collifgb, Collifgb, 2022).

Puede familiarizarse con la máquina MARTILLADORA BS5 que es apta para rebatir y enderezar el cerco en la elaboración de los zapatos tipo Goodyear. Esta operación facilita el siguiente recorte del cerco, de la capellada y de la plantilla.

**Tabla 1**

*Características y medidas de seguridad de la máquina*

<i>Dimensiones</i>	<i>45 x 60 x 130 cm</i>
<i>Motor- trifásicos</i>	<i>0.25Kw</i>
<i>Peso neto:</i>	<i>95 kg</i>
<i>Rumorosidad</i>	<i>Baja</i>
<i>Temperatura de calefacción</i>	<i>180°C Max</i>

Fuente: Martilladora BS7 (Collifgb, Collifgb, 2022).

Nota: En la tabla 1 se describen las características y medidas de seguridad de la martilladora – bs7

**Figura 17**

*Funcionamiento de la máquina -Vista en primer plano*



Fuente: Martilladora BS7 (Collifgb, Collifgb, 2022).

**1.6.4.4 Máquina de rebatir.** Esta versión es particularmente adecuada en la industria del calzado a la remachadora y planchado después el recorte del forro del zapato acabado y de las costuras, en la marroquinería para pequeños detalles. El brazo corto tiene la forma específica para facilitar estas transacciones y permitir el aplastamiento final de las mismas partes acopladas. (Gilardi, 2019). La máquina está equipada con control de temperatura de la bigornia, con ajuste de la altura y de la potencia del mismo. A petición se pueden realizar cambios para aplicaciones particulares.

### **Figura 18**

*Esta máquina reduce el uso del martillo manual en 80%*

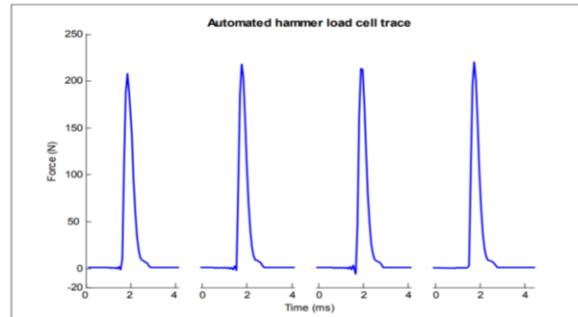


Fuente: Máquina de rebatir Mod-BC1/ (Comercial, 2020).

**1.6.4.5 Desarrollo de un martillo de impacto automatizado.** Las especificaciones de esta máquina la hacen única ya que en el desarrollo de sus aplicaciones están solo limitadas al material de estudio ya que permite un estudio completo y detallado de cualquier tipo material a estudiar. Los cuatro elementos principales considerados en el diseño del martillo de impacto automatizado fueron: un actuador para generar la fuerza del impacto; una punta de impacto; un circuito de control para conducir el actuador y una carcasa para proteger y soportar los diversos componentes por encima de la estructura bajo prueba (Christian, 2019).

## Figura 19

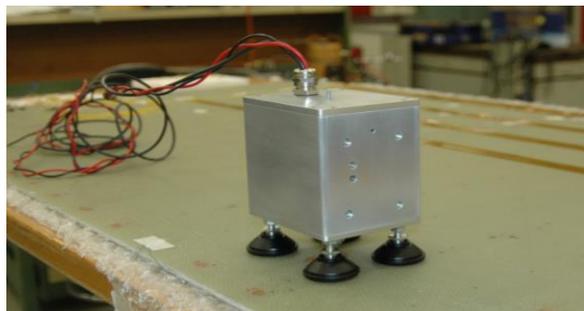
Análisis de impacto fuerza vs tiempo



Fuente: Development of an Automated Impact Hammer for Modal Analysis of Structures (Norman, 2012).

## Figura 20

Dispositivo de medición

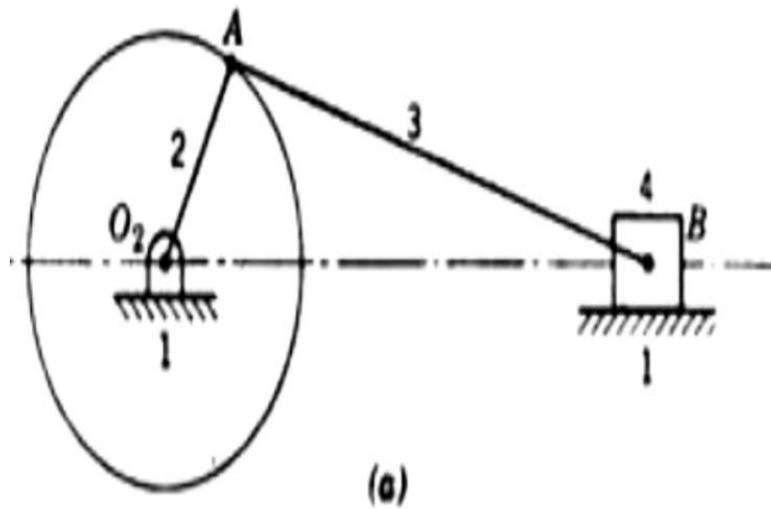


Fuente: Development of an Automated Impact Hammer for Modal Analysis of Structures (Norman, 2012).

**1.6.4.6 Máquina martilladora.** En este modelo de prototipo se utiliza un mecanismo de manivela deslizante para Convertir el movimiento giratorio en movimiento lineal. Un brazo de la manivela está unido en ángulo recto a un eje giratorio por el cual el movimiento alternativo se imparte o se recibe del eje, se utiliza para convertir el movimiento circular en recíprocante, o viceversa. El brazo puede ser una parte doblada del eje, o un brazo o disco separado conectado. Adjunto al extremo de la manivela por un pivote, generalmente llamada biela (ver Figura 8). (Adebayo, 2017).

**Figura 21**

*Mecanismo de biela deslizante*



Fuente: Design, cad modeling & fabrication of automatic hammering machine(Dhulekar, 2018 ).

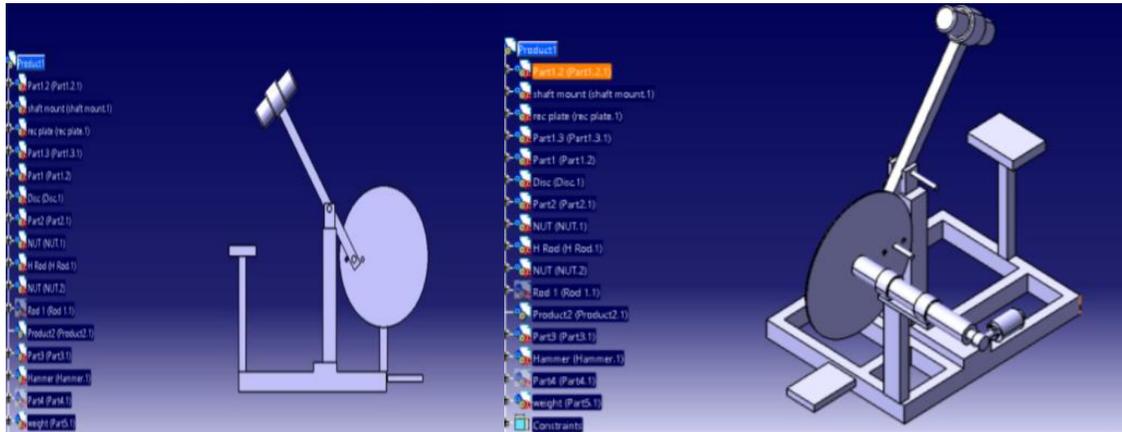
**Tabla 2**

*Ventajas y desventajas de la máquina martilladora*

Ventajas	Desventajas
Disponible en gran variedad de tamaños.	Este mecanismo solo es adecuado para algunas operaciones.
Mantener un buen control y la fuerza requerida.	Como la fuerza de torque requerida es mayor, es difícil que se encuentre el motor para lograr el par requerido.
Bajo costo	Tener poco desgaste.
Ahorra tiempo.	
El retraso de tiempo se puede lograr fácilmente.	
Producción en masa	

**Figura 22**

Vista 3D de la Máquina martilladora



Fuente: Design, cad modeling & fabrication of automatic hammering machine (Dhulekar, 2018).

**1.6.4.7 Desarrollo de una máquina de forja para mejorar Herrería en Nigeria.** El problema de la entrada de productos industriales occidentales como consecuencia da poco espacio para el trabajo de herrería que no puede llegar a estar a la par de las nuevas Innovaciones tecnológicas. El nigeriano prefiere productos extranjeros que a los productos del herrero local. La situación ha llevado a los herreros a convertirse en una base de compromiso a tiempo parcial en la demanda de los productos del cliente.

**Tabla 3**

Fuerza de forja calculada en golpes/min con masas variables

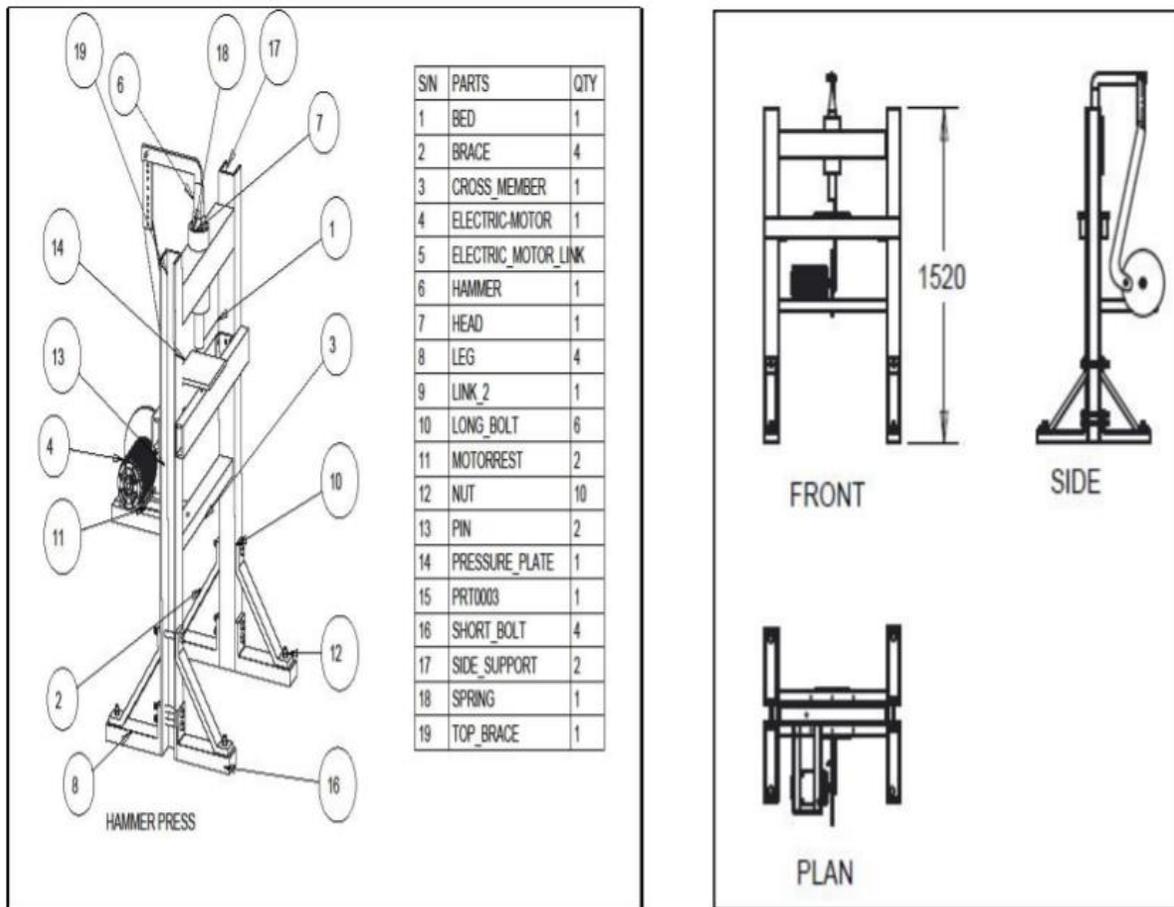
Masses (kg)	Forging forces (N)	Strokes/min m
1	141.6	0.59
2	283.2	0.295
3	424.8	0.197
4	566.4	0.148
5	708.0	0.118
6	849.6	0.098
7	993.2	0.084
8	1132.8	0.074
9	1274.4	0.066
10	1416.0	0.059

Fuente: Diseño, modelado CAD y fabricación de martilladora automática I (AdebayoAR, 2017)

Al evaluar el rendimiento de la máquina de forja, tres aceros suaves de longitud 177 mm cada uno fueron calentados y martillados por la máquina para producir tres cinceles en forma de 15 mm de diámetro. El martillo eléctrico consta de un volante de 300 mm de diámetro montado en el eje de motor, la capacidad de la forja es de 85 Joules. (Abhijeet Dhulekar, 2018).

**Figura 23**

*Vista isométrica del martillo*



Fuente: Diseño, modelado CAD y fabricación de martilladora automática I (AdebayoAR, 2017)

## **Figura 24**

### *Estructura del martillo*



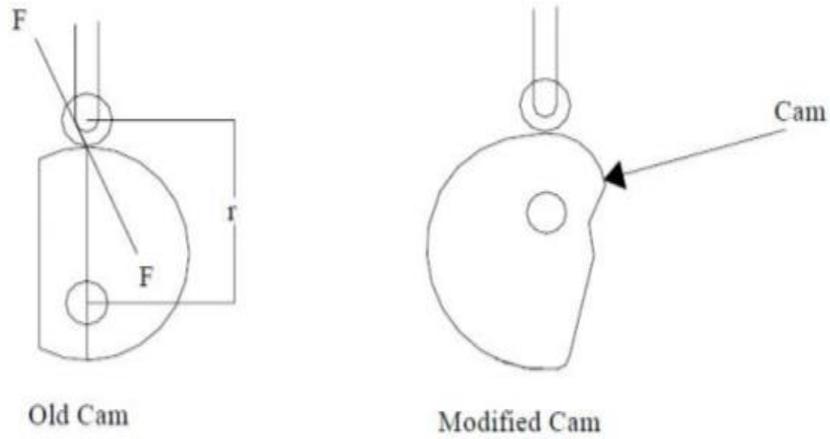
Fuente: Diseño, modelado CAD y fabricación de martilladora automática I (AdebayoAR, 2017)

**1.6.4.8 Diseño y desarrollo de martillo hidráulico.** Presenta el resultado del trabajo realizado para mejorar el diseño, construcción y prueba de martillos abordando algunos lapsos asociados con el diseño y construcción de dispositivos existentes. La mejora implica el rediseño y la construcción de cámara de molinos de martillos, rediseño y construcción del eje del molino de martillos, que incorpora un pistón directamente al martillo proporcionando así los medios de variando la velocidad del martillo.

El mecanismo de leva y seguidor se usó básicamente para producir una fuerza requerida para la deflexión de la placa de resorte hasta 46 mm. Pero en la máquina original utilizo la cámara semicircular que aumentó el estrés en el vástago del seguidor durante operaciones continuas Para eso se hizo, un ligero cambio en la leva (ver figura 12). (Shinde P.F., 2017).

**Figura 25**

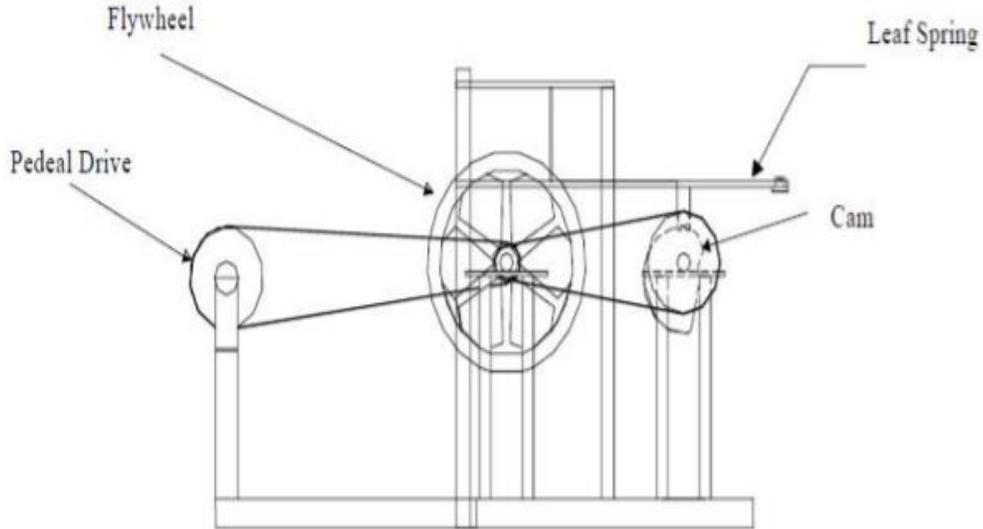
*Modificación de la leva*



Fuente: Diseño y desarrollo de martillo hidráulico. (Shinde, 2017)

**Figura 26**

*Esquema de la máquina y componentes*



Fuente: Diseño y desarrollo de martillo hidráulico. (Shinde, 2017)

### **1.6.5. Marco conceptual**

**1.6.5.1. Tipo de investigación.** El método descriptivo experimental se utilizará para describir las distintas etapas que componen el proceso de fabricación de sombreros y para manipular las variables establecidas para hacer los ajustes necesarios para que el prototipo funcione de la mejor forma posible.

**1.6.5.2. Tipo de Enfoque.** El enfoque mixto se utilizará para integrar los métodos cuantitativos y cualitativos, lo que permitirá obtener una visión más completa del fenómeno estudiado.

**1.6.5.3. Hipótesis.** El prototipo de máquina será totalmente ergonómico, facilitará al usuario poder cumplir con la productividad de manera eficiente y además logrará salvaguardar la audición de los operarios. Por consiguiente, el prototipo será más silencioso, productivo y funcional. Al finalizar las pruebas se cumple pronósticos contemplados el prototipo está por debajo de los 70 dB entregando resultados satisfactorios.

**1.6.5.4. Variables.** Para obtener los resultados deseados se plantea tener en cuenta durante el proceso investigativo y de desarrollo del prototipo las siguientes variables.

**1.6.5.4.1. Variable de presión.** Sera utilizada en el momento de medir la presión ejercida por el vástago para hacer el alisado que el mecanismo debe ser ajustable en la proporcionalidad de velocidad y torque.

**1.6.5.4.2. Variable de fuerza.** Sera utilizada en el momento de aplicar la fuerza para que el alisado quede bien siempre y cuando no se dañe el sombrero, las condiciones del mecanismo deben permitir ajustar las condiciones de trabajo permitiendo trabajar desde un sombrero hasta 10 ejemplares en el proceso del alisado.

**1.6.5.4.3. Variable Torque.** Sera utilizada para determinar las revoluciones del motor si el proceso es eficaz o no para poder realizar ajustes en el sistema de distribución de potencia.

**1.6.5.4.4. Variable de esfuerzos y cargas.** Sera utilizada para mirar el cambio de la paja toquilla que se hará después de que se aplique la carga del alisado el espesor de todo el tejido será reducido debido a las cargas a la cuales estará sometido durante el proceso de alisado. El espesor de la paja toquilla se reducirá un 5% después de que se aplique la carga del alisado.

**1.6.5.4.5. Variable de confort.** Factores ambientales, temperatura radiante, humedad, velocidad del aire.

**1.6.5.4.6. Variable de ergonomía.** Se enfoca respecto a las instalaciones, iluminación, ruido, diseño, temperatura, maquinaria y equipo las condiciones de trabajo y la posición en la cual el operario realizara su labor.

**1.6.5.4.7. Variables nominales.** Se enfoca en su orden categórico y nominal.

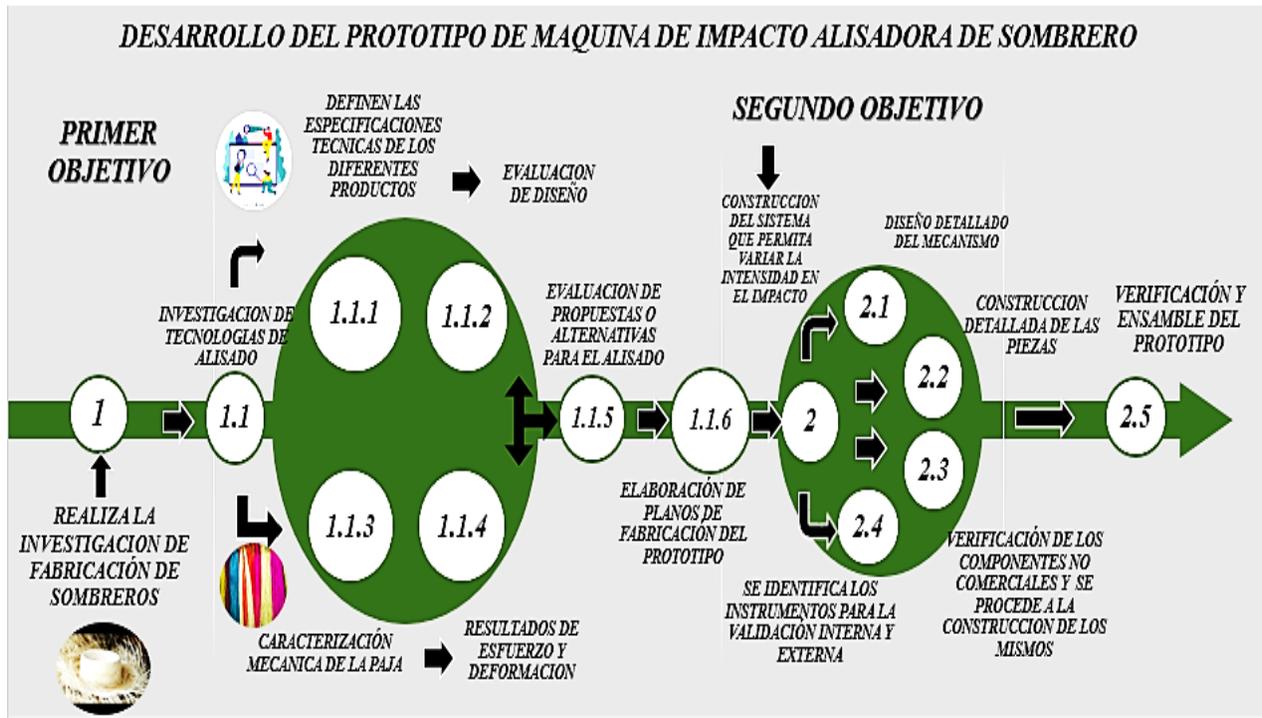
**1.6.5.4.8. Variables ordinales.** Se enfoca en los atributos después de la manipulación o uso como sobresaliente, notable, fuera de serie, magnifico, conspicuo.

**1.6.5.4.9. Costos variables.** Se determina el valor agregado que adquiere el sombrero por la intervención en el proceso del alisado debido a que este proceso mejora la calidad del producto adquiriendo un sombrero de mayor calidad, por la intervención y el uso del prototipo en el proceso de alisado generando un valor agregado de \$300 MCTE por unidad se calcula mediante el cálculo del consumo energético y de los costos adicionales por mano de obra.

1.6.6. Metodología

Figura 27

Metodología



### **1.6.6.1. Diseño de un prototipo de máquina de impacto para el alisado de sombreros**

- Realizar la investigación del proceso de fabricación de sombreros en paja toquilla: Para el desarrollo de esta actividad se espera establecer los parámetros de enfoque hacia la propuesta y tipo pajas para dar una solución que se adapte a todos los ambientes y tipos para el desarrollo exitoso de esta actividad se revisara la base de datos de múltiples universidades y foros de investigación como fundamento teórico-práctico del proyecto.
- Investigación de las tecnologías de alisado de telas o tejidos: Para el desarrollo de esta actividad se revisarán bases de datos bibliografías y estudios realizados a las distintas formas de alisado que existen actualmente y la tecnología antigua.
- Especificaciones de desempeño: criterios mínimos que serán exigidos en la realización del proyecto, es decir, cuáles serán los elementos indispensables que los alumnos deberán entregar en su proyecto y que no deben faltar.
- Definir especificaciones técnicas de los diferentes productos a utilizar: Para el desarrollo de la actividad como resultados se espera obtener todas las especificaciones técnicas y normas importantes para el desarrollo del propio, como método de estudio y presentación se realizarán tablas de comparación para escatimar que parámetros y que valor se les debe de dar e importancia a cada uno de los aspectos a evaluar.
- Caracterización mecánica del material (paja): El estudio que se debe hacer aquí debe ser muy riguroso ya que de aquí partimos para escatimar y entablar las necesidades del cliente ya que esta información no es suministrada se realiza una investigación y un respectivo informe para reportar la información obtenida.
- Proponer Soluciones a los diferentes problemas que se puedan presentar: para la evaluación y desarrollo de la misma se estable que se realicen matrices de evaluación de propuestas donde se definan las especificaciones y errores encontrados en las propuestas de diseño.
- Evaluación de las propuestas obtenidas del avance secuencial que se estableció: Durante esta actividad se busca en base de datos cuales son los mecanismos o máquinas que hay actualmente en el mundo y con respecto a su aplicación u aditamentos podemos factorizar que diseño es el mejor mediante una prueba de evaluación estableciendo parámetros como tamaño, costos, ruido, etc.

- Diseño detallado de cada pieza en donde se hace un respectivo análisis: se realizará los primeros bocetos de mano alzada y los modelos y aditamentos que tendrá la máquina teniendo en cuenta los resultados del estudio de factibilidad de las máquinas para poder proceder al modela 3D ya con especificaciones y una perspectiva de cómo será. Uno de los aspectos a espera o evaluar en esta actividad es realizar los planos eléctricos y electrónicos del sistema.
- Elaboración de planos de fabricación del prototipo de máquina escogido: Lo esperado en esta actividad es el modelo y estudio que tenemos que hacer en el programa Solidworks que podemos encontrar una versión de prueba para poder trabajar fácilmente y hacer las respectivas correcciones, para estar seguro de que el estudio se hizo correctamente el módulo de Von mises será por debajo del 0,1 (mm) en deformación para las partes que tenga un mayor impacto.

#### **1.6.6.2. Construcción y desarrollo del prototipo (Ensamblaje de piezas)**

- **Cotizar los respectivos elementos para el respectivo ensamblaje del prototipo:** se realizará la cotización real de los componentes a usar con respecto a las especificaciones de diseño y a los planos que nos arrojó el estudio para poder cotizar los materiales más adecuados que se adapte al diseño que se propone ya que hay materiales que no se podrán comprar entonces estos deberán de construirse o imprimir.
- **Comprar los diferentes materiales a utilizar para el ensamblaje del prototipo:** Para la cotización de los materiales se propuso buscar un solo proveedor para que la compra sea mejor y más económica para ambas partes. Se puso realizar una conexión con la ferretería Fátima y la ferretería Argentina todas 2 de la ciudad de pasto ya que nos permiten tener los materiales a precio de fábrica par así economizar en la construcción. También se ha podido cotizar en ferreterías externas, pero se complica un poco debido al envío de los materiales.
- **Toma de datos reales con sensores, para obtener la presión necesaria de la máquina durante el impacto:** Para el desarrollo de la misma tiene que realizar un viaje al lugar donde se encuentra la máquina de primera instancia en San dona para poder realizar mediante un arreglo de conversiones, para poder medir cuanta fuerza ejerce la máquina

durante su operación y escatimar cuál es su valor nominal para calcular la relación torque velocidad del mecanismo y proceder a hacer los cálculos del mecanismo.

- **Hacer una verificación previa de los elementos a utilizar en el prototipo:** para el ensamble del prototipo y asegurar de que todo este correcto preliminarmente se realizara 3 pruebas demo en simulación antes de poder montar el prototipo para su debido ensayo ya que puede existir el error humano y algunas piezas no puedan llegar a encajar correctamente.
- **Verificar los componentes no comerciales y proceder a la construcción de los mismos.** Esta actividad está ligada en fechas a la de elaboración de los planos ya que como se mencionó antes las piezas no comerciales tocara recrear o hacer una impresión, pero antes de poder recrear en la vida real también toca hacer un estudio a cada pieza para garantizar su eficiencia y calidad.
- **Ensamble del prototipo a manipular.** Para el ensamble final en la construcción del prototipo el ensamble a escala se predetermina a construirlo en una sola localidad para evitar trasportarlo de un lado a otro por su basto tamaño y complejidad de diseño, en la entrega del prototipo se hace entrega de los planos físicos de cotas y materiales a implementar para poder replicarlo.

#### **1.6.6.3. Verificación del funcionamiento de la máquina y redactar el manual de usuario**

- **Pruebas de verificación del prototipo ensamblado:** Para la actividad se pretender entregar una tabla con las características de la máquina sus propiedades y los tipos de paja con los cuales puede trabajar. Como calibrar la máquina si en algún momento llegase a fallar seria otro tipo de folleto o documento con instructivos.
- **Hacer las pruebas e identificar los errores que el prototipo nos arroje:** Los errores que llegase a surgir durante las pruebas prototipo será corregidas pertinentemente en el prototipo y se verán reflejadas en él.
- **Hacer los respectivos ajustes a las fallas presentadas por el mismo:** En la recta final del proyecto se hace entrega de la máquina funcionando y se corrigen aspectos de diseño o estética y se hace entrega final.

- **Elaboración del manual de usuario:** Se redacta el manual para brindar una mejor seguridad al operario cuando se encuentre a punto de usarla, leer de antemano el manual para familiarizarse más con la máquina. En este manual se describe a fondo los rasgos y características de la máquina, sus respectivas normas técnicas y registro.

## **2. Presentación de resultados y análisis**

El trabajador debe tener la formación necesaria para la realización de la tarea y, además, debe estar autorizado o cualificado, en función del tipo de tarea a realizar

### **2.1. Resultados del primer objetivo específico**

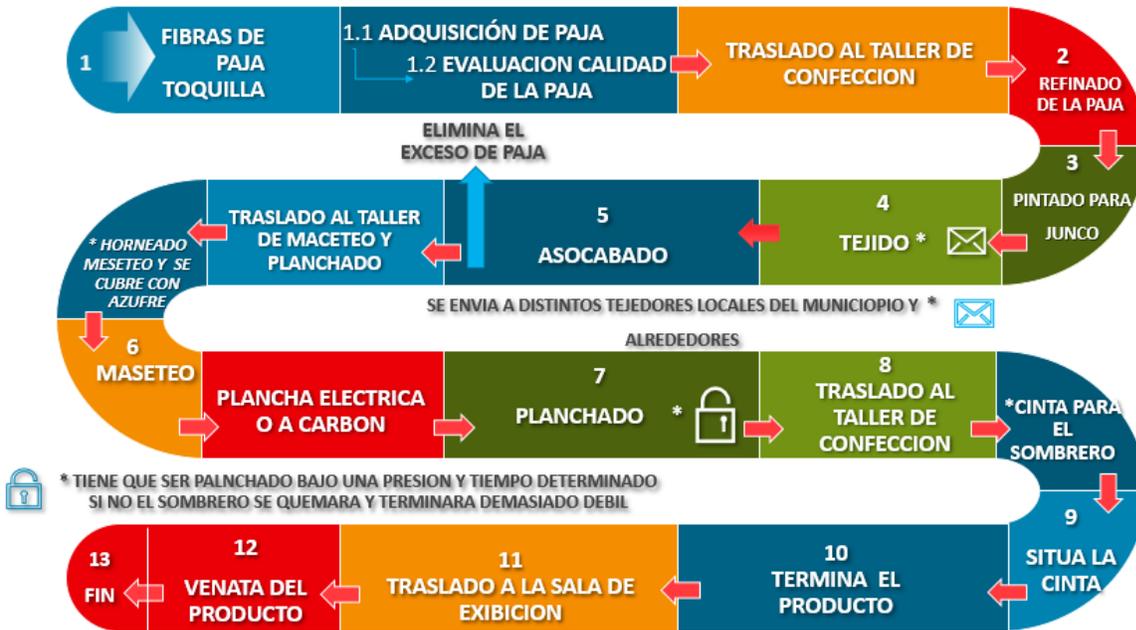
Después de ejecutar una investigación exhaustiva acerca de los principales procesos para la construcción de un diseño mecánico, se decidió hacer la subdivisión de los diseños que en principio cumplen con las características ideales, además de optar por el diseño de una máquina de rebatir ya que es más eficiente desde la relación costo/beneficio ya que al evaluarla con respecto a otros 7 modelos se determina que sus valores ponderados son apropiados, después de la investigación hecha de los tipos de máquinas de alisado se extrajo los factores a considerar para el diseño de la máquina, en cumplimiento con objetivo general del presente documento y a sus objetivos específicos descritos detalladamente después de la sección 4.1.1 en adelante.

#### ***2.1.1 Investigación del proceso de fabricación de sombreros en paja toquilla***

Los resultados de la investigación bibliográfica mostraron que el proceso de alisado de sombreros de paja toquilla se realiza de forma manual con un martillo de madera. Este proceso es una tarea compleja que requiere de mucha habilidad y tiempo.

**Figura 28**

Proceso de fabricación de sombreros de paja toquilla



Las entrevistas a los artesanos mostraron que el alisado es uno de los pasos más importantes en la elaboración de los sombreros, ya que determina su calidad final. Los artesanos señalaron que el alisado manual es un proceso lento y agotador, que puede provocar daños en el tejido de los sombreros.

### 2.1.2. Evaluación de diseño

El diseño se ocupa de la creación de algún dispositivo, producto o sistema, el cual puede ser completamente nuevo o consistir de un componente modificado. De acuerdo con esto, se puede hablar de tres tipos de diseño. (vicente, 2020)

- Diseño original
- Diseño adaptivo
- Diseño de variante

La evaluación de diseño consiste en hallar el conjunto de variables articulares que permiten solo a través de éste, si pueden desarrollar adecuadamente componentes y sistemas satisfactorios en cuanto a los materiales con que se construirán. En general, no existe una solución única para satisfacer una necesidad, por lo que se deben considerar los diferentes aspectos y criterios para obtener una solución óptima o por lo menos adecuada. Todos los diseños a continuación mencionados están descritos en el presente documento en la (sección 3.3.1) *tipos de máquina de alisado*.

**Tabla 4**

*Diseños a evaluar*

<b>DISEÑO 1</b>	Calandria
<b>DISEÑO 2</b>	Troqueladora de pistón (Troax machine)
<b>DISEÑO 3</b>	Martilladora bs7
<b>DISEÑO 4</b>	Máquinas para rebatir
<b>DISEÑO 5</b>	Martillo de impacto (automatizado)
<b>DISEÑO 6</b>	Máquina martilladora
<b>DISEÑO 7</b>	Máquina de forjar
<b>DISEÑO 8</b>	Diseño y desarrollo de martillo hidráulico.

**Tabla 5**

*Matriz de selección*

<b>Selección de modelos</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Costos</b>	<b>Producción</b>	<b>Desgaste</b>	<b>Ruido</b>	<b>%</b>
<b>Factor de ponderación</b>	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	1
<b>DISEÑO 1</b>	2	1	7	5	4	0,19
<b>DISEÑO 2</b>	3	1	1	10	8	0,23
<b>DISEÑO 3</b>	4	3	6	6	5	0,24
<b>DISEÑO 4</b>	7	2	8	7	5	0,29
<b>DISEÑO 5</b>	10	5	1	2	10	0,28
<b>DISEÑO 6</b>	6	6	4	5	2	0,23
<b>DISEÑO 7</b>	5	3	5	5	2	0,2
<b>DISEÑO 8</b>	2	1	2	2	7	0,14

### **2.1.3. Caracterización mecánica del material (Paja toquilla)**

Este es uno de los ensayos más empleados y consiste en someter la paja a esfuerzos progresivos y crecientes de tracción en la dirección de su eje hasta que llegue a la deformación y a la rotura correspondiente.

Se aplica la siguiente ecuación

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde  $\sigma$ , es el esfuerzo de tracción,  $F$  es la fuerza aplicada,  $A$  es el área donde la fuerza es aplicada.

En el caso de la tracción toda la sección resistente del material compuesto se deforma (en teoría) igual con la siguiente formula:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

Donde  $\varepsilon_x$ , es la deformación unitaria,  $\Delta L$  es la variación de la longitud de la fibra medida en dos puntos conocidos,  $L$  es la longitud inicial de la fibra medida en dos puntos conocidos.

**2.1.3.1 Tracción de la paja toquilla.** La tracción  $\sigma_x$  en la dirección longitudinal es:

$$\sigma_x = E_x \varepsilon_x \quad (3)$$

En la que  $E_x$  es el modulo de elasticidad longitudinal del material compuesto y se calcula en función de los modelos de elasticidad de los constituyentes como:

$$E_x = E_m V_m + E_f V_f \quad (4)$$

Donde  $E_m$  y  $E_f$  son los módulos de elasticidad longitudinal de la fibra, respectivamente.

### **Resultados de tracción**

Se coloca paja toquilla, dando como resultado una resistencia a la ruptura de 1.15KN, los mismos que transformados a libras fuerza nos da 258.53 libras de carga. Siendo así lo suficientemente resistente para ser utilizado en objetos que requieran de mayor presión y peso.

**Figura 29**

Tabla de resultados



Otro estudio sujeto a la norma ASTM D3822M-14, la cual define algunas condiciones para los ensayos, como velocidad de deformación de 1mm/min y un numero de 20 especímenes de ensayo por fibra, cantidad validada mediante la ecuación1, descrita a continuación. (Lozano, 2015).

$$n = \frac{w - w^2 * Z\beta * 1.4 * Z\alpha^2}{w^2} \tag{5}$$

Donde n = número mínimo de muestras, observaciones o réplicas que deben efectuarse en el estudio; Zα = valor correspondiente al nivel de confianza asignado (riesgo de cometer un error de tipo I); Zβ = valor correspondiente al poder estadístico o potencia asignada a la prueba (riesgo de cometer un error de tipo II); W = rendimiento mínimo esperado, eficiencia mínima esperada o diferencia mínima observable. Los valores Zα y Zβ para diferentes niveles de confianza.

**Tabla 6**

Valores  $\alpha$ ,  $Z\alpha$ ,  $\beta$  y  $Z\beta$  para diversos niveles de confianza

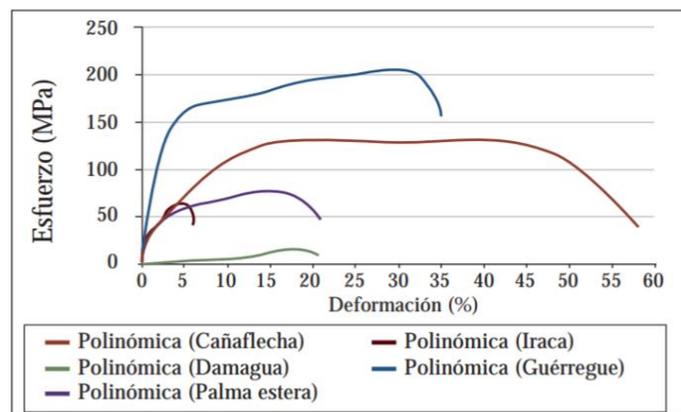
Valores		Nivel de confianza (1- $\alpha$ )	
$\alpha$	(%)	$Z\alpha$	
0,050	95,0	1,960	
0,025	97,5	2,240	
0,010	99,0	2,576	
Valores		Poder estadístico (1 - $\beta$ )	
$\beta$	(%)	$Z\beta$	
0,20	80,0	0,842	
0,15	85,0	1,036	
0,10	90,0	1,282	

Fuente: Caracterización térmica, mecánica y morfológica de fibras naturales colombianas con potencial como refuerzo de biocompuestos (William, 2017) Se hace una toma de datos comparándola con las demás fibras.

**2.1.3.2. Resultados esfuerzo y deformación.** A continuación, se presentan las curvas de tendencia del comportamiento promedio para el esfuerzo y la deformación de la iraca comparada con otras fibras existentes.

**Figura 30**

Diagrama de esfuerzo y deformación de Cinco fibras



Fuente: Caracterización térmica, mecánica y morfológica de fibras naturales colombianas con potencial como refuerzo de biocompuestos (William, 2017) Se hace una toma de datos comparándola con las demás fibras.

**Tabla 7**

*Muestreo propiedades mecánicas de las diferentes fibras*

Área transversal (mm <sup>2</sup> )	Tipo de fibra	Longitud calibrada (mm)	Módulo elástico (GPa)	Esfuerzo máximo a tensión (MPa)	Deformación (%)
0,27 x 1,40	Guérregue	20	5,85 ± 2,50	249,11 ± 97,40	36,29 ± 26,70
0,16 x 2,00	Caña flecha	20	3,53 ± 1,60	168,23 ± 59,80	43,17 ± 17,70
0,27 x 2,00	Palma estera	20	2,53 ± 1,20	104,73 ± 44,90	31,07 ± 17,80
0,4 x 0,74	Iraca	20	7,61 ± 3,10	100,89 ± 39,30	10,33 ± 5,30
0,93 x 2,00	Damagua	20	0,37 ± 0,30	18,78 ± 7,30	23,78 ± 10,30

Fuente: Caracterización térmica, mecánica y morfológica de fibras naturales colombianas con potencial como refuerzo de biocompuestos (William, 2017)

**2.1.3.3 Resultados Termogramimetricia.** Se basa en la medida de la variación de la masa en una muestra cuando es sometida a un programa de temperatura en una atmósfera controlada. La variación de la masa puede ser una pérdida de masa o una ganancia de masa.

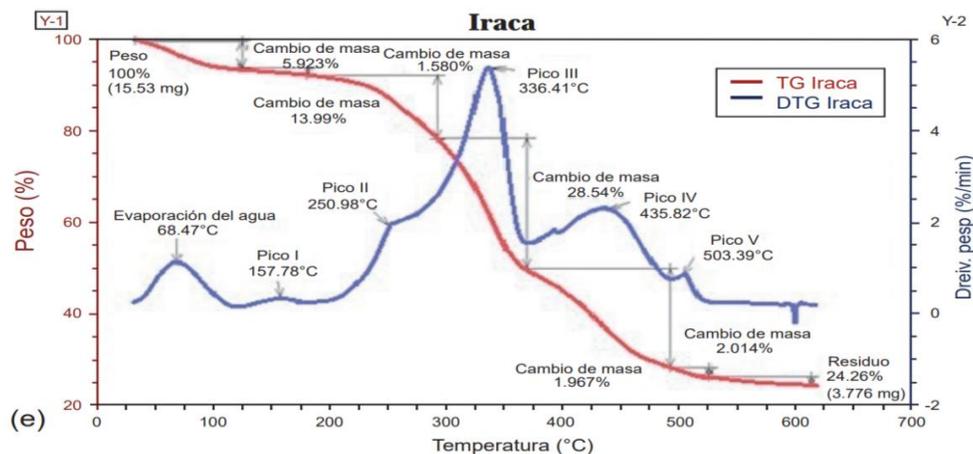
La muestra de iraca se trituro y compacto entre 5 y 10 mg y posteriormente se programaron rampas de calentamiento a partir de temperatura ambiente hasta alcanzar los 600°C a una velocidad de calentamiento de 10°C/min. (Racefn, 2017).

La técnica TGA permite obtener información sobre la cantidad de humedad que puede obtener una fibra natural, anticipando la compatibilidad con la matriz polimérica. (Miranda, 2013)

Se muestra a continuación mediante las curvas de la pérdida de peso (TG) y la primera derivada de la pérdida de peso (DTG), ambas en función de temperatura.

**Figura 31**

*Termogamimetria Iraca*



Fuente: Caracterización térmica, mecánica y morfológica de fibras naturales colombianas con potencial como refuerzo de biocompuestos (William, 2017)

**2.1.4. Especificaciones de desempeño**

**Tabla 8**

*Especificaciones de desempeño*

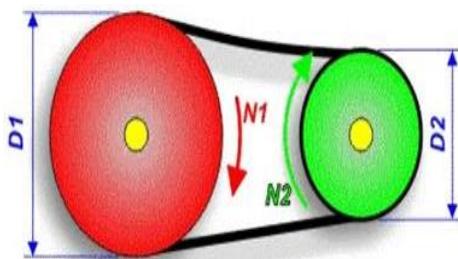
<i>DESARROLLO DE PROTOTIPO DE MAQUINA DE IMPACTO PARA EL ALISADO DE SOMBREROS DE PAJA TOQUILLA</i>	
<b>1</b>	<i>El prototipo debe contar con un sistema de alimentación energética AC de forma que este sea monofásico y no supere los 110 a 120 voltios</i>
<b>2</b>	<i>El prototipo debe emitir menos de 70 dB de intensidad a una distancia no mayor a 10 metros a la redonda para cumplir con los estándares de salud y cuidado en el trabajo</i>
<b>3</b>	<i>El prototipo debe de costar menos de \$ 5.000.000 de pesos</i>
<b>4</b>	<i>El prototipo debe de alisar al menos 40 sombreros de paja por hora , en promedio diariamente alisara 320 sombreros por día.</i>
<b>5</b>	<i>El prototipo debe de ser resistente a la fuerza de impacto que se le aplique durante el proceso de alisado</i>
<b>6</b>	<i>El prototipo debe de hacer el alisado de tal manera que la materia prima no presente ninguna fractura en su tejido</i>
<b>7</b>	<i>El prototipo debe de regirse a la norma técnica de seguridad del operario (Norma ISO -45001)</i>
<b>8</b>	<i>El prototipo debe de cumplir con los estándares de calidad y seguridad de la normas internacionales (ISO 9001)</i>
<b>9</b>	<i>El prototipo debe de cumplir con la normas establecidas en la normativa ISO 9001 &amp; OHSAS 18001:2007</i>

### 2.1.5 Definir especificaciones técnicas de los diferentes productos a utilizar

**2.1.5.1 Cálculos de rpm del motor – juego de poleas.** Para realizar los cálculos de debe de tener en cuenta las siguientes formulas generales, para obtener las RPM del motor se registra en la ficha técnica del motor que tiene la capacidad de 1800 rpm con respecto a su uso ordinario.

**Figura 32**

Relación de velocidades sistema de poleas con correa



*D1* Diámetro de la polea conductora  
*D2* Diámetro de la polea conducida  
*N1* Velocidad de giro del eje conductor  
*N2* Velocidad de giro del eje conducido

$$N1 \times D1 = N2 \times D2$$

Fuente: Multiplicador de velocidad de poleas (Wordpress, 2013)

$N1 \cdot D1 = N2 \cdot D2$  despejando  $N2$  de la ecuación obtendremos

$$N2 = \frac{N1 \cdot D1}{D2} \tag{6}$$

Después de hallar la ecuación general para el cálculo de rpm, se hallara las siguientes relaciones:

- Relación A (2" & 2")
- Relación B (2" & 4")
- Relación C (2" & 2")
- Relación D (2" & 8")
- Relación E (4" & 2")
- Relación F (4" & 4")
- Relación G (4" & 8")
- Relación H (8" & 4")
- Relación I (8" & 8")
- Relación J (5" & 2")
- Relación K (5" & 4")
- Relación L (5" & 8")

$$N2 = \frac{N1 \cdot D1}{D2} = \frac{1800 \cdot 2''}{2''} = 1800 \text{ rpm}$$

**Tabla 9**

Cálculos de rpm del motor con respecto a tamaño de las poleas

		POLEAS		
		EJE MAQUINA		
		2"	4"	8"
		MOTOR		
POLEAS	2"	1800	900	450
	4"	3600	1800	900
	5"	4500	2240	1125
	8"	7200	3600	1800
		RPM		

**Tabla 10**

Cálculos de rpm del motor respecto al tamaño de las poleas del mercado

		JUEGOS DE POLEAS COMERCIALES EN EL MERCADO Y LA RELACION CON NUESTRO MOTOR						
		EJE MAQUINA						
		2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"
		MOTOR						
P O L E A S	2"	1800	1200	900	720	600	514	450
	3"	2700	1800	1350	1080	900	771	675
	4"	3600	2400	1800	1440	1200	1029	900
	5"	4500	3000	2250	1800	1500	1286	1125
	6"	5400	3600	2700	2160	1800	1543	1350
	7"	6300	4200	3150	2520	2100	1800	1575
	8"	7200	4800	3600	2880	2400	2057	1800
			RPM					

### **2.1.5.2 Especificaciones técnicas**

#### **Reglamentación nacional ISO 9001**

A continuación, se describen las disposiciones mínimas generales de seguridad recogidas que deben reunir las máquinas herramientas, cuyo cumplimiento contribuye a prevenir los riesgos más frecuentes que se derivan de la manipulación de estos equipos y que básicamente son:

- Contacto accidental con la herramienta o la pieza en movimiento
- Atrapamiento con los órganos de movimiento de la máquina
- Proyección de la pieza o de la herramienta

#### **Órganos de accionamiento**

Los órganos de servicio de estas máquinas deben ser claramente visibles e identificables y en caso necesario, llevar el etiquetado apropiado. Los colores indicativos de dichos órganos son:

- Puesta en marcha o en tensión: BLANCO.
- Parada o puesta fuera de tensión: NEGRO.
- Parada de emergencia: ROJO.

Los órganos de mando pueden ser de los siguientes tipos.

- Pulsador: Salvo el de parada deben estar encastrados.
- Pedal: Protegido contra accionamientos involuntarios.
- Mando a dos manos: Será de tipo pulsador. Debe tener sincronismo y ser eficaz contra el burlado.

Estarán situados en la proximidad del puesto de mando y fuera de la zona de peligro, salvo el de parada de emergencia. Asimismo, desde el puesto de mando se dominará toda la zona de operación. En caso contrario, la puesta en marcha será precedida de alguna señal de advertencia acústica o visual.

## **Puesta en marcha**

Debe obedecer a una acción voluntaria del operador sobre un órgano de accionamiento puesto a tal fin. Tras un corte de energía eléctrica su posterior puesta en marcha no deberá dar lugar a la reanudación de las partes peligrosas de la máquina, se debe impedir que una máquina se ponga en marcha:

- Por el cierre de un resguardo con dispositivo de enclavamiento.
- Por el desbloqueo de un pulsador de parada de emergencia.
- Por el rearme de un dispositivo de protección térmico.
- El órgano de mando que permite obtener esta función de parada de emergencia o pulsador de manotazo, debe ser de color rojo y estar colocado sobre fondo amarillo.

La colocación de un dispositivo de parada de emergencia sólo tiene sentido en el caso de que el tiempo de parada que permite obtener sea netamente más corto que el obtenido con la parada normal, lo que requiere un frenado eficaz. (Politecnica, 2009).

## **Prevención de riesgos asociados a las fuentes de alimentación**

Cuando se manipulen máquinas portátiles que funcionan con electricidad, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Estado del cable de alimentación “posibles daños en el aislamiento”.
- Aberturas de ventilación de la máquina despejadas.
- Estado de la toma de corriente y del interruptor.
- Estado del prolongador “posibles daños en el aislamiento”.
- Conexión de puesta a tierra, si se trata de una máquina de la clase I.
- No exponer la máquina a la humedad o la lluvia si no dispone de un grado especial de protección contra el contacto con el agua.
- Aparición de chispas y arcos eléctricos.
- Sensación de descarga.
- Calentamiento anormal de la máquina u olores extraños. (Politecnica, 2009).

## **Señalización y advertencia**

En aquellas máquinas que tras adoptar medidas de protección adecuadas aún persista un riesgo residual, deberá estar adecuadamente señalizado mediante indicadores normalizados.

### **Figura 33**

*Señalización y advertencia*



Fuente: Adaptación de Figuras (Ingimage, 2021)

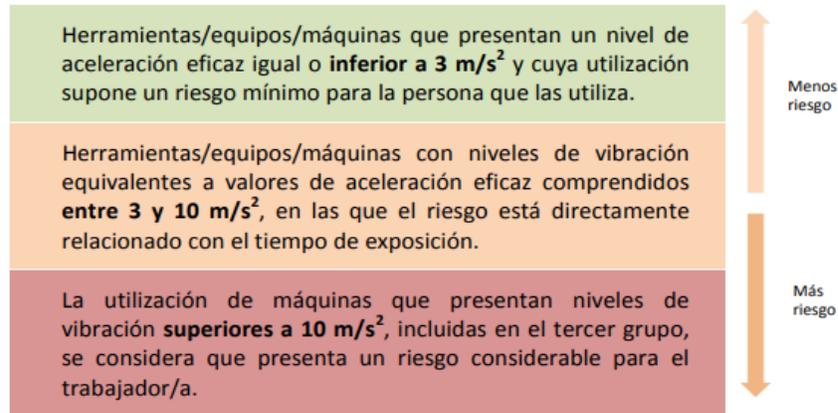
## **Utilización**

El personal que manipule este tipo de máquinas contará con la debida autorización y formación específica. La máquina se fijará de manera que no se produzcan movimientos no deseables originados por vibraciones. Antes de poner en marcha una máquina, se comprobará que no hay nadie manipulándola.

De modo orientativo, la mayoría de las herramientas manuales de uso común en el ámbito laboral, tales como sierras de cadena, martillos neumáticos, taladros, amoladoras, pulidoras, etc., presentan valores de la aceleración eficaz ponderada que oscilan entre 5 m/s<sup>2</sup> y 10 m/s<sup>2</sup>, pudiendo alcanzarse en casos particulares, valores notablemente mayores, superando incluso los 20 m/s<sup>2</sup>. En función de los niveles de vibración originados, las herramientas manuales se pueden clasificar en tres grupos de riesgo (CEP, 2014).

**Figura 34**

*Clasificación de las máquinas y equipos según sus niveles de vibración*



Fuente: Vibraciones mecánicas (CEP, 2014).

**2.1.6. Evaluación de las propuestas obtenidas del avance secuencial que se estableció**

La evaluación realizada es para seleccionar un diseño que mejor se adapte a las necesidades del cliente, nos arroja como resultado que el diseño 4 es el mecanismo más eficiente con respecto a los parámetros y condiciones establecidas, y cumple con todas las expectativas requeridas.

**Tabla 11**

*Tabla de evaluación*

SELECCIÓN DE MODELOS	TAMAÑO	COSTOS	PRODUCCION	DESGASTE	RUIDO	%
FACTOR DE PONDERACIÓN	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	1
DISEÑO 1	0,4	0,3	2,1	0,5	0,4	3,7
DISEÑO 2	0,6	0,3	0,3	1	0,8	3
DISEÑO 3	0,8	0,9	1,8	0,6	0,5	4,6

<b>DISEÑO 4</b>	1,4	0,6	2,4	0,7	0,5	5,6
<b>DISEÑO 5</b>	2	1,5	0,3	0,2	1	5
<b>DISEÑO 6</b>	1,2	1,8	1,2	0,5	0,2	4,9
<b>DISEÑO 7</b>	1	0,9	1,5	0,5	0,2	4,1
<b>DISEÑO 8</b>	0,4	0,3	0,6	0,2	0,7	2,2

**2.1.7 Diseño y elaboración de planos de fabricación del prototipo de máquina escogida.**

**Figura 35**

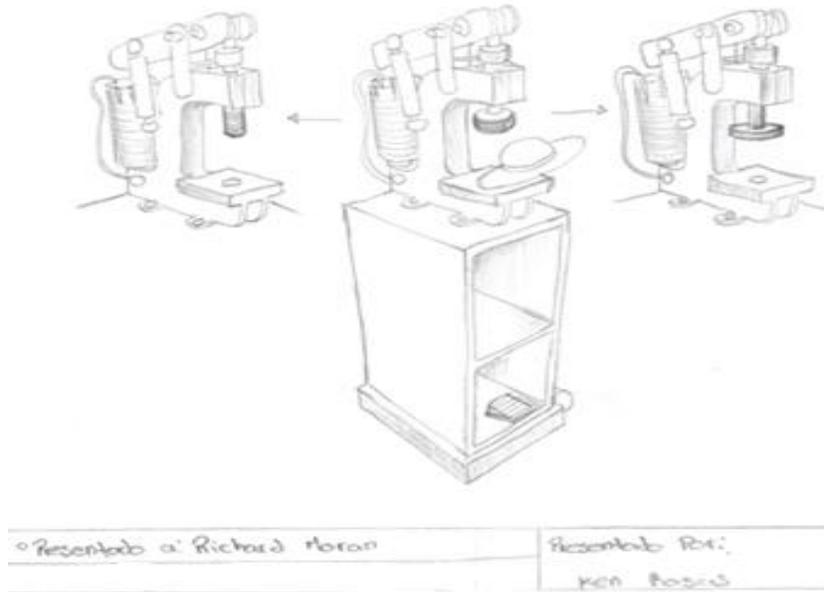
*Boceto a mano alzada de la máquina presente en San dona*



Presentado a: Richard Moran	Presentado por:
contiene: Prensa de martillo	Ken Resco

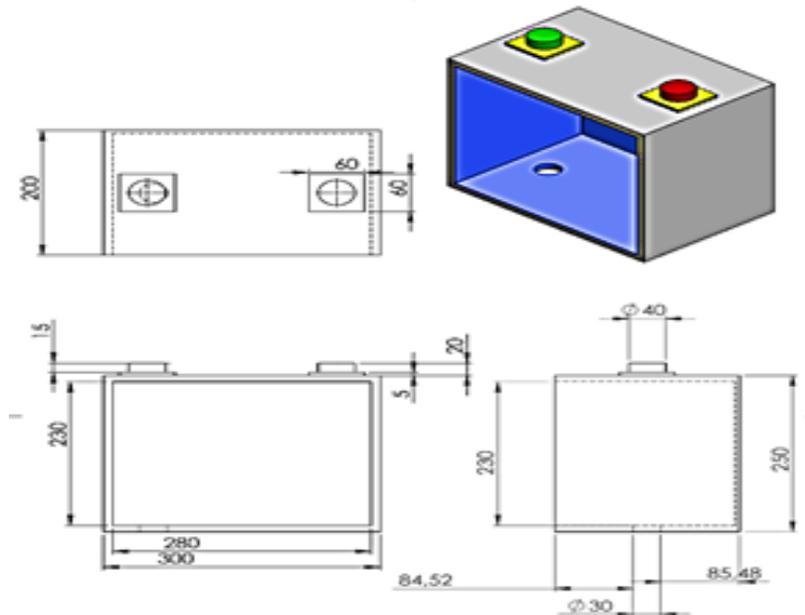
**Figura 36**

*Boceto a mano alzada de la máquina a presentar*



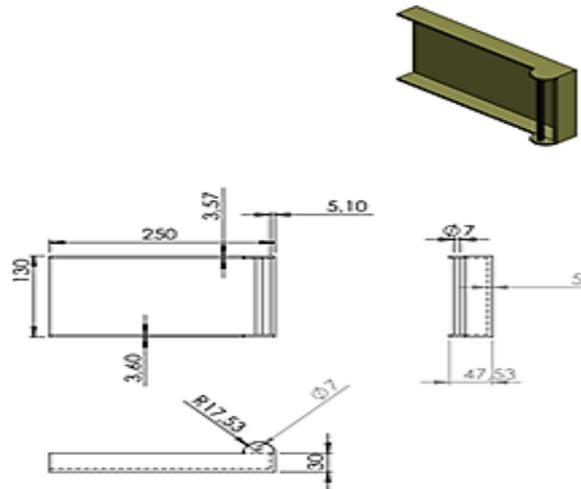
**Figura 37**

*Panel de control y almacenamiento de los dispositivos electrónicos*



## Figura 38

### *Pedal de accionamiento de la máquina*



## 2.2. Resultados del segundo objetivo específico

En esta sección retomamos la información ya constatada en la sección (4.1.5.1 rpm del motor y juego de poleas) donde determinamos las poleas y sus dimensiones a utilizar con respecto a las que encontramos en el mercado y cuáles de estas cumplen los requerimientos de diseño.

Uno de los aspectos más importantes en esta sección son las vibraciones mecánicas transmitidas por el motor y el equipo en si puede ser víctima de las vibraciones mecánicas que pueden recorrer al cuerpo entero y pueden causar efectos muy diversos que van desde una simple molestia, hasta alteraciones graves de la salud, los efectos para la salud que pueden causar las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, suelen ser máximos en el límite inferior del intervalo de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz, ocasionando las inferiores a 0,5 Hz, sensación de mareo. El cuerpo humano tiene frecuencias de resonancia que varían de unas personas a otras, en relación al órgano afectado y a la postura en que se encuentre el individuo.

Los órganos más sensibles del cuerpo humano tienen frecuencias de resonancia propia: el estómago la tiene en los 4,5 Hz, el ojo empieza a disminuir su capacidad de visión cuando está sometido a frecuencias de 4 a 10 Hz, la columna vertebral en su región lumbar la tiene en los 4 Hz, apareciendo fuertes tensiones musculares que conducen a una mala circulación de la sangre, en la

zona de los 3 a 6 Hz. Un aspecto importante a tener en cuenta en la prevención de riesgos laborales, son los trabajadores/as pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles. A continuación, se resumen los principales efectos de las vibraciones mecánicas de acuerdo con la frecuencia de vibración.

**Figura 39**

*Efectos de las vibraciones atendiendo a su frecuencia*

<p><b>Muy baja frecuencia</b> <b>&lt; 1 Hz</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimulación del laberinto del oído interno.</li> <li>• Trastornos del sistema nervioso central.</li> <li>• Mareos y vómitos (el mareo del viajero).</li> </ul>
<p><b>Baja Frecuencia</b> <b>1 - 20 Hz</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lumbalgias, lumbociáticas, hernias, pinzamientos discales.</li> <li>• Agravamiento de lesiones raquídeas menores e incidencia sobre trastornos debidos a vicios posturales.</li> <li>• Síntomas neurológicos: variación del ritmo cerebral, alteraciones del equilibrio.</li> <li>• Trastornos de visión por resonancia.</li> </ul>
<p><b>Alta frecuencia</b> <b>20 – 1.000 Hz</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trastornos osteo-articulares identificables radiológicamente como artrosis hiperostósante del codo.</li> <li>• Lesiones de muñeca como malacia del semilunar o osteonecrosis de escafoides carpiano.</li> <li>• Afecciones angioneuróticas de la mano, calambres, trastornos de la sensibilidad.</li> <li>• Expresión vascular manifestada por crisis del tipo de dedos muertos llamado Síndrome de Raynaud.</li> <li>• Aumento de la incidencia de enfermedades estomacales.</li> </ul>

Fuente: Vibraciones mecánicas. (CEP, 2014).

**2.2.1 Construir el sistema electromecánico que permita variar la intensidad en el impacto mecánico que va a realizar la máquina**

El diseño del sistema electromecánico es un punto crucial para garantizar su eficacia y versatilidad. La descripción de los principios de diseño proporciona una visión general de cómo se abordan aspectos clave, como la modularidad, la adaptabilidad y la seguridad. La inclusión de componentes

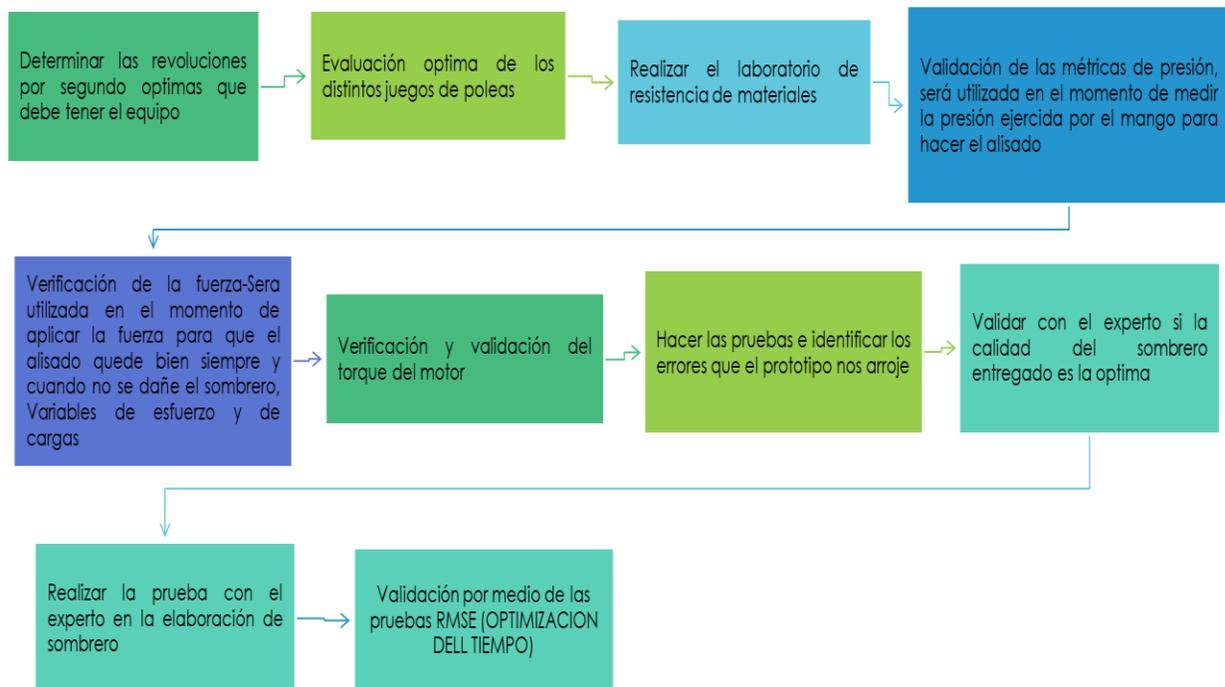
esenciales como motores, sensores y controladores subraya la complejidad y la interconexión de las partes involucradas en el sistema.

La explicación detallada del funcionamiento del sistema es esencial para comprender cómo los diversos componentes interactúan entre sí. La consideración de factores como la regulación de la potencia, la eficiencia energética y la precisión en la variación de la intensidad destaca la importancia de optimizar el rendimiento del sistema. Esto evidencia la necesidad de una ingeniería de precisión para lograr los resultados deseados.

**2.2.1.1 Instrumentos de medición.** La explicación de la selección de instrumentos destaca la importancia de elegir dispositivos de medición que se alineen con los parámetros relevantes para la variación de intensidad en el impacto mecánico. La consideración de la precisión, la exactitud y la confiabilidad de estos instrumentos subraya la necesidad de obtener mediciones precisas y consistentes para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema.

**Figura 40**

*Informe de instrumentos de medición*



**2.2.1.2 Identificar los instrumentos de referencia para la validación interna y cuál es la resolución y exactitud de estos instrumentos.** Los elementos de medición para la exactitud y resolución del producto son por medio de los expertos en la validación del sombrero ya que ellos son los que determinan si el acabado del sombrero está bien o no, dado la naturaleza de los equipos y las relaciones mecánicas y electrónicas de la máquina, se valida que los componentes electrónicos hay una exactitud del 95.4% por parte de sus componentes, y por parte mecánica se le garantiza un FS de 4.

**2.2.1.3 Identificación de las métricas que serán utilizadas en la investigación para establecer la exactitud y precisión.** Error absoluto, error relativo coeficiente de Pearson error de raíz cuadrática medio (RMSE), la incertidumbre es un parámetro, asociado con el resultado de la medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser fundamentalmente atribuidos a lo que se mide. El presente trabajo establece una metodología para la determinación de la incertidumbre en las pruebas de impacto, conforme el método descrito en la norma ASTM E 23 “Norma de ensayos para prueba de resistencia de impacto describe la prueba de Charpy y las pruebas de Izod que determina la energía absorbida por los materiales. Al tratar de identificar la tolerancia de error permitida tomando como referencia otra investigación o prototipo se llegó a la conclusión que esta recopilación de tolerancia de error comparativa no es posible ya que no hay prototipos de igual magnitud o similares para hacer su respectiva comparación.

### ***2.2.2 Pruebas del laboratorio para determinar las cargas que estarán sometidos los sombreros***

Después de haber investigado la caracterización mecánica de este material se procede a realizar dos pruebas la cual son la de tensión y compresión para ello se plantea los ítems que requiere de la identificación que más se adecue a las finalidades de la evaluación, por lo que, a continuación, se hace una breve descripción de las generalidades a tener en cuenta.

### ***NORMA TECNICA COLOMBIANA 3739***

Las pruebas se realizan bajo la norma técnica de colombiana 3739 esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los sombreros tejidos a mano con paja de iraca o toquilla. La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general. La NTC 3739 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1995-06-21 Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales (Docplayer, 2019).

### ***NORMA TECNICA COLOMBIANA 754-1***

Método para determinar la resistencia a la rotura y elongación de las telas método del agarre este método cubre los procedimientos de ensayo del agarre y del agarre modificado, para la determinación de la resistencia a la rotura y elongación de la mayoría de las telas textiles. Se contemplan aspectos para el ensayo este método de ensayo no se recomienda para telas de fibra de vidrio o para telas de tejido de punto y para otras telas textiles, las cuales tienen un estiramiento alto más del 11 %. El equipo en el que se mueve la tira de sujeción a una velocidad uniforme y se aplica la fuerza a través de la otra pinza que se mueve apreciablemente para accionar un mecanismo de medida de fuerza, produce una tasa de aumento de la fuerza o extensión que generalmente es constante y depende en las características de extensión de la muestra (Docplayer, 2019).

**Figura 41**

*Ítems a tener en cuenta durante las pruebas*

CATEGORÍA	CONOCIMIENTO  RECOGER INFORMACIÓN	COMPRENSIÓN  Confirmación Aplicación	APLICACIÓN  Hacer uso del Conocimiento	ANÁLISIS  (Orden Superior) Desglosar	SINETIZAR  (Orden superior) Reunir, Incorporar	EVALUAR  (Orden Superior) Juzgar el resultado
Descripción: Las habilidades que se deben demostrar en este nivel son:	Observación y recordación de información; conocimiento de fechas, Eventos, lugares; conocimiento de las ideas principales; dominio de la materia	Entender la información; captar el significado; trasladar el conocimiento a nuevos contextos; interpretar hechos; comparar, contrastar; ordenar, agrupar; inferir las causas predecir las consecuencias	Hacer uso de la información; utilizar métodos, conceptos, teorías, en situaciones nuevas; solucionar problemas usando habilidades o conocimientos	Encontrar patrones; organizar las partes; reconocer significados ocultos; identificar componentes	Utilizar ideas viejas para crear otras nuevas; generalizar a partir de datos suministrados; relacionar conocimiento de áreas persas; predecir conclusiones derivadas	Comparar y discriminar entre ideas; dar valor a la presentación de teorías; escoger basándose en argumentos razonados; verificar el valor de la evidencia; reconocer la subjetividad

Fuente: Norma técnica 741. (Lopez, 2014).

**2.2.2.1 Pruebas de tensión.** Por lo regular, las propiedades de resistencia, elasticidad y ductilidad de los metales, plásticos y otros materiales se suelen determinar con una prueba de tensión. Durante la prueba, se monitorea y se registra la magnitud de la fuerza ejercida sobre una sección transversal y alargada del tejido en la copa del sombrero y el cambio correspondiente de longitud. Como el esfuerzo en la barra es igual a la fuerza aplicada dividida entre el área, ese esfuerzo es proporcional a la fuerza aplicada, en la Tabla 11 se muestran los datos de esas pruebas de tensión en diagramas esfuerzo - deformación unitaria.

**Figura 42**

Prueba de tensión introducción de los parámetros a la máquina Dirimpex



Fuente: fotografía de planta UNIMAR-sede Alvernia

**Figura 43**

Máquina Dirimpex para realizar pruebas de tensión y compresión.



Fuente: fotografía de planta UNIMAR-sede Alvernia

**Figura 44**

*Obtención de la fuerza máxima que se le puede aplicar al tejido*



Fuente: fotografía de planta UNIMAR-sede Alvernia

**Tabla 12**

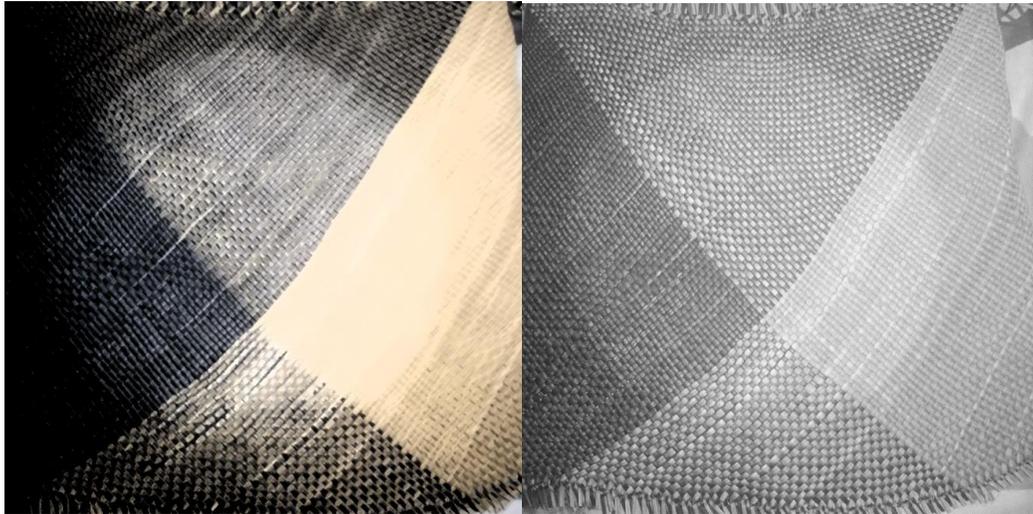
*Resultados de la prueba*

N° DE ENSAYO	LARGO (mm)	ANCHO(mm)	PESO (g)	AREA(mm <sup>2</sup> )	ELONGACION (mm)
1	230	45	5	10350	300
2	165	43	3	6930	190
3	155	43	3	6665	170
4	250	50	5	12500	295

**2.2.2.2 Pruebas de compresión.** Compresión sobre las probetas y resultados de la prueba demostrando un buen acabado o alisado los materiales que son quebradizos, usualmente se rompen a una fuerza máxima. Los materiales que son dúctiles usualmente experimentan una fuerza máxima antes de la ruptura.

**Figura 45**

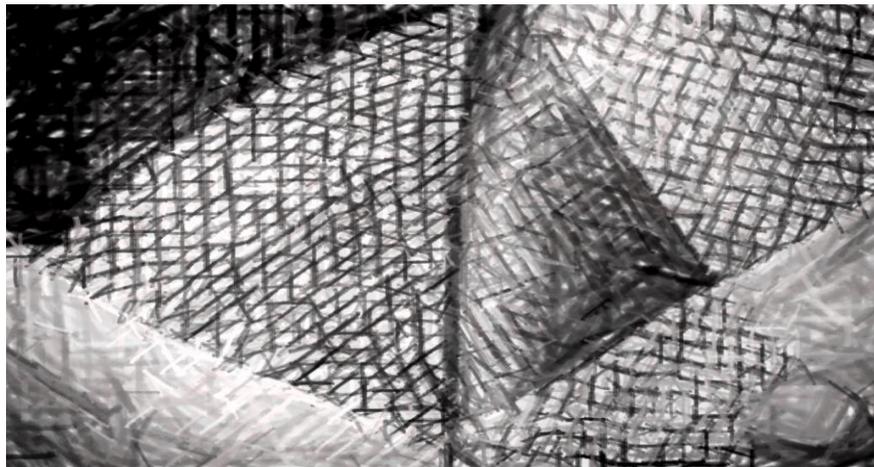
*Fotografías espectrales*



Fotografías espectrales con filtros para separar la parte alisada vs las áreas donde no hubo contacto sobre el tejido durante la prueba

**Figura 46**

*Comparación de tejido antes de la prueba*



*Fuente: fotografía espectra matlab.*

En la fotografía con filtro se analiza que en el tejido de la izquierda presenta su tejido más abierto después de aplicar la prueba el tejido pasa a estar más compacto sus fibras pasan a estar más planas.

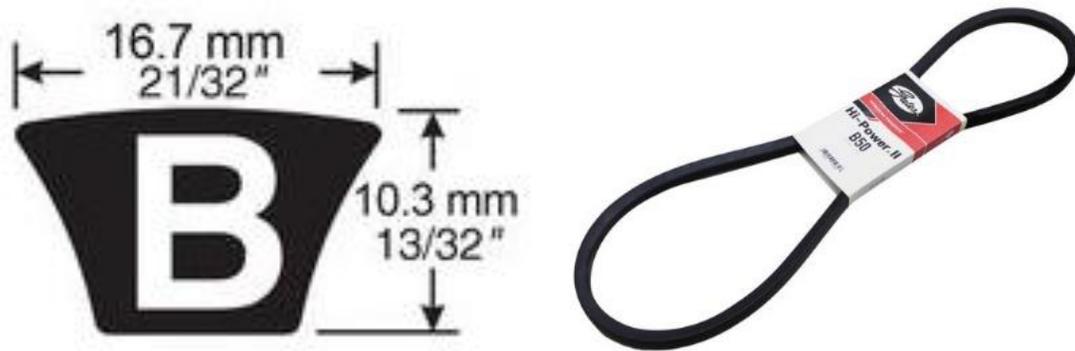
### **2.2.3 Verificación de los elementos a utilizar en el prototipo**

#### **Banda tipo B-63**

Para aquellas transmisiones que están sujetas a cargas pulsantes o cargas de choque extremas. Ofreciendo ventajas de rigidez lateral, adicional para eliminar los problemas que se presentan cuando las bandas se sueltan, se voltean o se salen de la transmisión; proporcionándole un servicio duradero, sin problemas y adecuado para aplicaciones difíciles. Tiene paredes cóncavas, parte superior arqueada, seguridad en cuanto a la estática, estabilidad y duración óptimas.

#### **Figura 47**

*Banda B-63*



Fuente: Bandas. (Refacciones, 2007).

#### **Motor Weg monofásico 2 hp**

Motor con carcasa de chapa, destinado a uso general, para atender a las más variadas aplicaciones con desempeño y ahorro máximos. Nos permite dar la fuerza necesaria para accionar el mecanismo de impacto por medio de la banda hacia el mecanismo de accionamiento que es el cigüeñal ubicado en la parte superior del prototipo.

**Figura 48**

*Motor Weg 2 hp*



Fuente: Exhibirequipos (SKU, 2021).

**Tabla 13**

*Especificaciones de motor Weg*

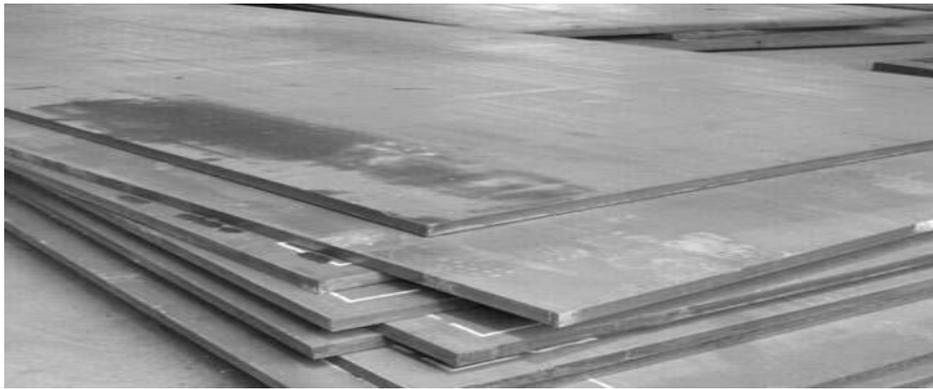
<b>NORMA</b>	<b>NEMA MG-1</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>2 HP</b>
<b>FRECUENCIA</b>	50 Hz	<b>FIJACION</b>	CON PIES
<b>TENSION</b>	110 V	<b>BRIDA</b>	FC 95
<b>NUMERO DE POLOS</b>	1	<b>FORMA CONSTRUCTIVA</b>	F-1
<b>GRADO DE PROTECCION</b>	IP21	<b>CAJA DE CONEXIÓN</b>	SIN CAJA DE CONEXIÓN
<b>ROTACION SINCRONICA</b>	3000 rpm	<b>REFRIGERACION</b>	IC01-ODP

## Lámina estructural SAE 1045

Es utilizado para todo tipo de elementos que requieren de dureza y tenacidad como ejes, manivelas, chavetas, pernos, tuercas, cadenas, engranajes de baja velocidad, espárragos, acoplamientos, bielas, pasadores, cigüeñales y piezas.

### Figura 49

Lamina SAE 1045 1/4



Fuente: Lamina 1045. (Mr. Martin, 2018).

### Tabla 14

Propiedades mecánicas lamina SAE 1045

**Propiedades mecánicas:**

R (kg/mm <sup>2</sup> )	E (kg/mm <sup>2</sup> )	%A	Dureza Brinell
60	33	17	175
75	-	-	220

**Equivalencias aproximadas:**

IHA	CENIM	DIN	SAE/AISI	BS	UNI
F-114	F-1140/C45 K	CK45	1045	EN8	C-45

**Tratamientos Térmicos:**

Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido de ablandamiento	670°C – 710°C	Aire
Recocido Globular	710°C / 6 horas 670°C / 8 horas	10°C / hora hasta 650°C
Normalizado	840°C – 870°C	Aire
Temple	830°C – 850°C 840°C – 860°C	Agua Aceite
Revenido	500°C – 650°C	Aire

Fuente: Lamina 1045 (Mr. Martin, 2018).

## Polea escalonada

Una polea escalonada es un sistema de poleas formadas por muchos tamaños diferentes. La polea escalonada consiste en una configuración de dos a cuatro poleas. Esta es una estructura maciza con ranura tipo B, 4 ranuras (2, 3, 4 y 5 pulgadas), centro y cuña. Se encarga de ser el medio por el cual se trasmite a través de la bana la energía del motor al eje principal del ciguelal acoplada con otra polea de 8" pulgadas que permite el accionamiento del mecanismo.

**Tabla 15**

*Ficha técnica de la polea*

Figura Figure	Codigo Code	Diametro exterior Outside diameter		Diametro del eje Axle diameter		Peso x 100 pzas. Weight x 100 pcs.		Unit Ctn. Pzas. Pcs.	Ship Ctn. Pzas. Pcs.	Std. Pkg. Pzas. Pcs.
		mm	inch	mm	inch	kg	lbs			
 Polea Variable Variable Pitch Pulley	03.03.0336	82.5	3 1/4	12.7	1/2	18.50	40.70	20	60	48
	03.03.0277	82.5	3 1/4	15.8	5/8	15.50	34.10	20	60	48
	03.03.0364	101.6	4	12.7	1/2	28.00	61.60	10	30	18
	03.03.0337	101.6	4	15.8	5/8	27.00	59.40	12	36	18
	03.03.0526	101.6	4	22.2	7/8	26.00	57.20	10	30	18

Fuente: Poleas (Rawelt, 2019)

**Figura 50**

*Prototipo con polea escalonada y polea 8"*



### 2.2.4 Verificación de los elementos a utilizar

Se establece que el esfuerzo máximo que debe de entregar el prototipo no debe ser mayor a 308 KN O 69.8 Mpa, garantizando así que el sombrero no sufrirá gaño o fractura alguna para ello se diseñó un mecanismo que evita el sobre esfuerzo en el área de contacto, de igual manera se caracterizaron algunas propiedades relevantes de la materia prima que permitirán realizar el cálculo fuerzas que derivan desde el motor hacia el mecanismo de impacto.

De igual manera se hace el cálculo detallado del seguidor ya que si se exagera en el área sobre el cual hacen contacto, el prototipo podría causar afectaciones como quiebres sobre el sombrero y su tejido, para ello se debe de calcular el diámetro de las 2 partes del seguidor así se garantiza que el esfuerzo entregada por el mecanismo no sea superior a lo necesario.

$$G = \frac{P}{A} \rightarrow 678x10^3 \frac{N}{m^2} = \frac{300kn}{\frac{\pi}{4}d2^2} \rightarrow$$

$$d2^2 = \frac{300 KN}{\frac{\pi}{4}678kN/m^2} = 5,6338X10^{-3}m^2 \rightarrow \sqrt{5,6338X10^{-3}m^2} = 72,05X10^{-3} m =$$

$$75,05 mm d2$$

$$G = \frac{P}{A} \rightarrow 678x10^3 \frac{N}{m^2} = \frac{300kn}{\frac{\pi}{4}d1^2}$$

$$d1^2 = \frac{300 KN}{\frac{\pi}{4}678kN/m^2} = 1,1417X10^{-3}m^2 \rightarrow \sqrt{1,1417X10^{-3}m^2} = 3,37X10^{-2} m =$$

$$33,7 mm d1$$

### Figura 51

Luces testigo



Estas dos luces pilotos están encargadas de mostrar visualmente cuando la máquina está encendida y cuando empieza a operar.

**Figura 52**

*Botón de paro de emergencia*



El botón de paro de emergencia se activa una vez el operario lo mire conveniente, ya sea cuando la máquina tenga una falla o se esté realizando un proceso indebido.

**Figura 53**

*Breaker de riel Bipolar 2x16amp*



Este dispositivo magnetotérmico protege y permite cortar la corriente eléctrica cuando se supere el umbral fijado de 16 amp.

**Figura 54**

*Relé térmico CHINT NR2-36*



Protegen al motor de sobrecargas débiles o prologadas, este dispositivo impide que funcione en condiciones de recalentamiento anormales.

**Figura 55**

*Contactora CHINT NC1-1810*



Permite la automatización en el arranque, apertura y cierre de los circuitos eléctricos

**Figura 56**

*Tomacorriente doble*



Este dispositivo permite energizar todos los circuitos integrados en la caja de control como alimentar dispositivos externos

**Figura 57**

*Caja de derivación plástica*



Este dispositivo permite proteger los dispositivos electrónicos y eléctricos en su interior, salvaguardando la integridad de las conexiones

**Figura 58**

*Botón doble tecla on/off*



Este dispositivo nos permite encender o apagar el equipo

### **2.2.5 Proceso de construcción**

#### **Figura 59**

##### *Construcción de cigüeñal*



Para realizar el montaje del cigüeñal primero se debe tener en cuenta las medidas de las chumaceras UCF 208 donde estará soportado la pieza del cigüeñal, correspondiendo a un diámetro de una pulgada y media 1-1/2" o 38.1 mm, para ello es necesario montarla al torno para devastar y dar la medida a las puntas de los ejes como se muestra en la figura 59.

#### **Figura 60**

##### *Estructura de la máquina*



Después de realizar los cortes a las láminas de acero 1045 se procede a realizar la unión de las piezas por medio de puntos de soldadura utilizando electrodos E6013 para unir las piezas y verificar que estén alineadas y a escuadra, para así realizar los debidos cordones de soldadura que unirán las piezas en una sola estructura para posteriormente montar los demás mecanismos y elementos de la máquina, como se muestra en la figura 60.

### **Figura 61**

*Ensamble de mecanismo de impacto - seguidor*



Después de realizar la unión de las piezas del cigüeñal y del mecanismo de impacto se procede a realizar la instalación y verificación del dispositivo conductor sobre la estructura base, por medio de la soldadura se fijan los componentes ya que esta aporta mayor rigidez a la maquina como se aprecia en la figura 61 y retomando los cálculos realizados en la sección 4.2.4 Verificación de los elementos a utilizar.

### **Figura 62**

*Ensamble de chumaceras y poleas*



Después de montar el cigüeñal al torno se procese de realizar la verificación donde los diámetros de las piezas coincidan para posteriormente ser instaladas en base de la máquina como se puede evidenciar en la figura 60 y 63.

**Figura 63**

*Prototipo de máquina al 80%*



Para realizar la construcción de la mesa de trabajo se debe de tener en cuenta las medidas y las dimensiones de todas las piezas, como el motor y el espacio de trabajo del operador así mismo como sus mecanismos de transmisión de movimiento, para que no se vea afectado la integridad de los mismos, para así no sobredimensionar y malgastar material.

**Figura 64**

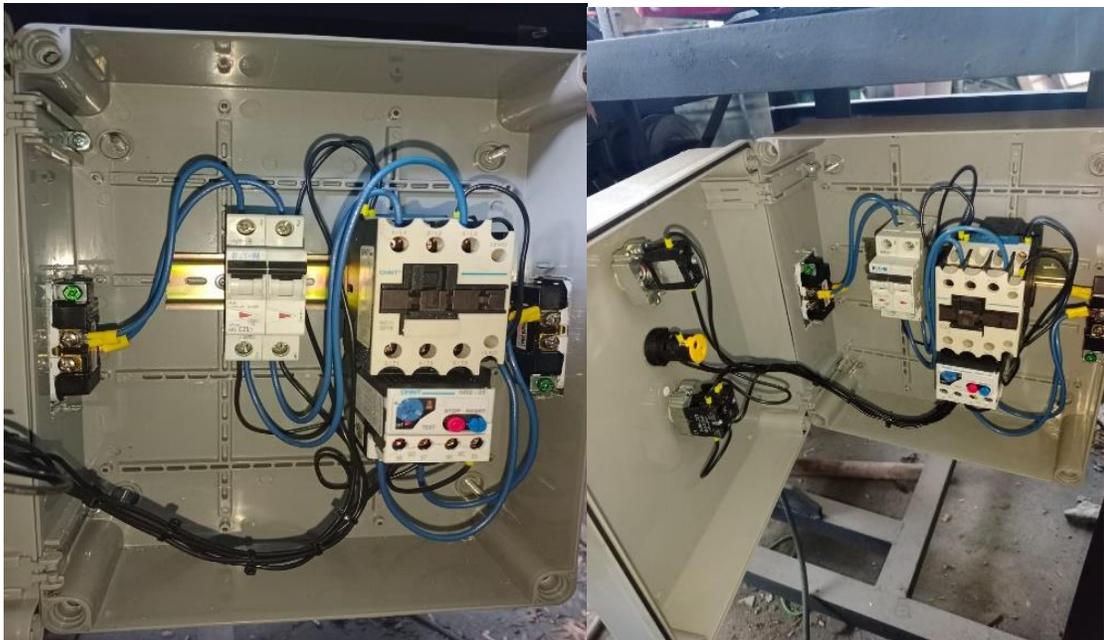
*Prototipo de máquina de impacto al 100%*



**2.2.6 Proceso de construcción electrónica**

**Figura 65**

*Ensamble de caja de control*



Durante el proceso de construcción la caja de control de opto por utilizar una caja hermética donde el fabricante nos da la garantía de implementar un sistema IPX6 para evitar salpicaduras y que todos nuestros componentes estén libres de polución o interferencias externas.

### **Figura 66**

*Instalación de la caja de control*



## **2.3. Resultados del tercer objetivo específico**

### **2.3.1 Pruebas**

Para iniciar las pruebas de campo del prototipo de impacto para el alisado de sombreros de paja se empezó a alimentar la máquina con la materia prima que son los sombreros ya tejidos, suministrados y traídos desde Sandoná con el propósito de procesarlos dentro de la máquina y evaluar la calidad del alisado para validarlos con el experto.

**Figura 67**

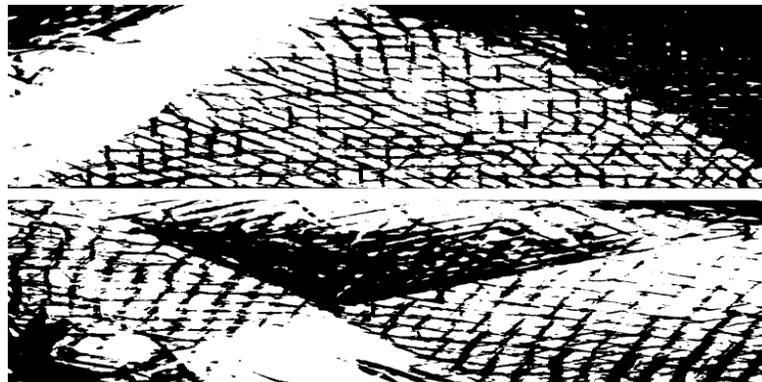
*Proceso de alisado alimentación de materia prima*



En este proceso de alisado se interviene de 1 a 2 minutos por sombrero para mejorar el acabo de su falda y copa, cabe aclarar que durante las pruebas preliminares se pudo alisar 3 sombrero en el mismo tiempo que tomaba alisar un solo sombrero con el método manual, dependiendo de la rugosidad del sombrero y sus imperfecciones el proceso de alisado puede demorar hasta 3 minutos, según la habilidad del operador el proceso puede aumentar o disminuir según el tiempo que se requiera debido a que no todos los sombreros tienen el mismo espesor y no llegan con las mismas imperfecciones.

**Figura 68**

*Comparación espectral mediante Matlab*



Después de la prueba se puede hacer la comparación de como empezaron las fibras del sombrero antes de ser empezado el proceso de alisado en la figura 68 se ilustra en la parte superior como estaban el tejido separado y en la parte inferior el resultado después de ser introducidas en la máquina de alisado dando un claro ejemplo de cómo el proceso une las fibras y por ende se refuerza el sombrero haciendo que sus fibras estén más planas, lisas y tersas en las áreas donde tuvo contacto reduciendo el espesor de los tejidos en un 5% y eliminando las rugosidades, para determinar que el proceso de alisado es efectivo se utiliza la herramienta pie de rey para tomar el espesor en la falda del sombrero dándonos una medida en milímetros que se aproxima en todos los sombreros de 2 mm por tejido y después de pasar por el proceso de alisado el tejido se compacta reduciendo el espesor.

Para poder modificar las revoluciones en el sistema de transmisión de movimiento del motor hacia el cigüeñal se optó por utilizar un cambio de marcha mediante un juego de poleas escalonada que permiten rectificar las revoluciones por minuto en intervalos de 80 rev/min utilizando la polea conductora de 5", 60 rev/min utilizando la polea de 4" hasta un mínimo de 40 rev/min en la posición de la polea más pequeña que es de 3", cabe aclarar que durante las pruebas se encontró que si las oscilación del mecanismo excedía las 120 rev/min el prototipo era inestable ya que generaba vibraciones mecánicas y esto a su vez generaban desequilibrio en todos sistemas.

Se debe tener en cuenta la normatividad OHSAS 18001:2007 y la norma NTC-ISO 9001 para adaptar mecanismos y/o estructuras que eviten los atrapamientos cuando el prototipo y sus mecanismos estén en marcha evitando así posibles accidentes, para ello se construyen dos guardas fijas con el propósito de proteger los mecanismos que transmiten el movimiento desde el motor hasta el cigüeñal cumpliendo con las normativas anteriormente mencionadas además de cumplir con los requisitos de SG-SST.

Siguiendo con la normatividad de SG-SST se realiza la instalación de una ventana de seguridad empleando un vidrio templado de 10 mm de espesor para proporcionar una visión clara durante el proceso de alisado de tal manera que el operador tenga completa protección contra fallos de la máquina.

**Figura 69**

*Proceso de alisado eliminación de rugosidades*



Se realiza la eliminación de las rugosidades sobre la superficie del tejido logrando un acabado más limpio y terso, proporcionando al sombrero una mejor calidad para su comercialización debido que sus imperfecciones han sido corregidas mediante el proceso de alisado que se realiza por medio del prototipo y el choque de las fibras con la superficie del bastidor como podemos apreciar en la fig. 68 como las fibras estaban antes del proceso y cuál es el resultado final de la utilización de maquina

**Figura 70**

Elementos a utilizar en el prototipo con sus respectivos costos

RUBRO	DESCRIPCION	JUSTIFICACION	CANT	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>MATERIALES</b>	SENSORES FSR 402	MEDICION REAL DE FUERZA EJERCIDA POR LA MAQUINA	2	\$ 84.000	\$ 168.000
	PIE DE REY DIGITAL		1	\$ 103.000	\$ 103.000
	CIGÜEÑAL		1	\$ 350.000	\$ 350.000
	CHUMACERAS DE BANCO DE 1"		2	\$ 27.000	\$ 54.000
	EJES DE 3" 0.36 x 1 x 20cm	ARTICULOS PARA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA Y BASES	1	\$ 120.000	\$ 120.000
	LAMINA SAE 1045 CUADRADO	METRO	4	\$ 120.000	\$ 480.000
	CHUMACERA DE PARED 1 1/2"		2	\$ 70.000	\$ 140.000
	TORNILLERIA GRADO 8		1	\$ 84.000	\$ 84.000
	BANDA B63	TRASMISION DEL MOTOR A POLEAS	2	\$ 43.000	\$ 86.000
	MOTOR WEG		1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	POLEAS ESCALONADA 3-4-5"		1	\$ 82.000	\$ 82.000
	POLEAS ALUMINIOS 13"	JUEGOS DE VELOCIDADES	1	\$ 75.000	\$ 75.000
	POLEAS ALUMINIOS 18"		1	\$ 90.000	\$ 90.000
	<b>INSUMOS</b>	KG DE SOLDADURA DE NIQUEL 100	USADO PARA LA SOLDADURA DE LAS PIEZAS	2	\$ 46.000
KG DE SOLDADURA DE 7018 WESARC			2	\$ 24.000	\$ 48.000
COMPONENTES ELECTRONICOS		SISTEMA DE CONTROL	1	\$ 500.000	\$ 500.000
GALON DE VINILO TIPO 1		PINTURA BASE ANTICORROSIVA	1	\$ 45.000	\$ 45.000
<b>SOFTWARE</b>	SOLIDWORKS	PROGRAMA DE MODELADO 3D	1	---	---
	MATLAB	SISTEMA DE COMPUTO Y PROGRAMACION	1	---	---
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 3.517.000</b>	

La figura 70 nos brinda una mayor perspectiva de como son los costos de fabricación para el prototipo, ya que se puede evidenciar que cumplimos con uno de los requisitos expuestos en la tabla de desempeño que se encuentra en la sección 4.1.4 especificaciones de desempeño en la tabla 8, en consiguiente al ítem numero 3 donde se estipula que el desarrollo del prototipo debe de costar menos de \$5.000.000.

### **3. Conclusiones**

Los resultados de este estudio muestran que el proceso de alisado de sombreros de paja toquilla es una tarea compleja y agotadora que puede provocar daños en el tejido. El desarrollo de una máquina de impacto para el alisado de sombreros de paja toquilla mejora la eficiencia y la calidad del proceso.

Después de realizar las pruebas el espesor de todos los tejidos de los sombreros donde hubo contacto su espesor se reduce un 5%, esto se logra haciendo mediciones de espesor de los tejidos antes y comparándolos después de ser tratados.

Se establece que la carrera del vástago desde su punto muerto superior hasta el punto muerto inferior es de 170 mm, trabajando bajos los rangos y funcionalidad del mecanismo

El costo energético diario del prototipo en un lapso de 8 horas de trabajo es de \$22.000 MCTE produciendo una totalidad de 240 sombreros en una jornada de trabajo, debido al consumo energético que demanda el motor del prototipo siendo 3.44 kWh teniendo un pico máximo de hasta 3.6 kWh. se puede decir que el costo adicional por unidad de sombrero es de \$300 por unidad.

Algunas de las propiedades principales de un material se obtienen con el ensayo de tracción, en el ensayo de tracción se somete una probeta normalizada y pulida, del material a analizar, a una carga axial de tracción y la carga de tracción aplicada comienza desde cero hasta un valor máximo poco antes del rompimiento de la probeta. Al aumentar la carga la probeta se deforma, entonces, se mide tanto la fuerza como la deformación en diferentes instantes de la prueba, y se construye una curva esfuerzo-deformación

La medida de fragilidad es la misma que la de ductilidad y un material se considera frágil si su elongación es menor que 5%

La ergonomía del prototipo final nos lleva a un diseño estructural mejorado lo cual permite condiciones más estables en cuestión de vibración llega a un mejor enfoque estructural estableciendo mejores condiciones de trabajo evitando superar los 80 dB y estos valores se obtienen mediante la evaluación con un sonómetro.

Las vibraciones no se transmiten al operario debido al sistema de empaques que mitigan y eliminan las vibraciones.

El rendimiento del sistema de distribución del motor es óptimo evitando transferencias de vibraciones nocivas

El sistema unilateral electrónico está totalmente aislado de cualquier descarga protegido por una caja de policarbonato herméticamente asegurado por un sistema IPX6 garantizado por el fabricante.

La velocidad máxima entregada por el sistema de bandas conectado al motor es de 80 rpm bilateralmente estable y trabajando hasta un mínimo de 40 rpm mediante el cambio de la posición de la banda en la polea escalonada

La estructura de la mesa permite que el movimiento bilateral del prototipo sea estable. Gracias a las pruebas previas realizadas se corrigió una mala distribución de cargas axiales, las cuales se encontraban desalineadas significativamente.

La vibración excesiva causada por la resonancia mecánica que en las pruebas preliminares nos arrojó que el prototipo se encontraba en el umbral de resonancia natural provocando una inestabilidad a la mesa de trabajo, además no se encontraban parametrizadas ni alineadas las cargas. La solución a esta problemática fue adaptarse a un nuevo sistema de distribución de revoluciones por minuto, mediante ajustes al mecanismo de transmisión.

Las interconexiones de los sistemas mecatrónicos permiten un mejor desarrollo a la hora de operar la máquina.

El protocolo de seguridad cumple a cabalidad con la norma ISO 9001 cumpliendo con los requisitos mínimos en SG-SST

Los sombreros que son la materia prima que ingrese al proceso de alisado sus fibras y enlaces quedan más unidos gracias a la compactación de las fibras y da un acabado final más liso.

#### **4. Recomendaciones**

**Optimización del Consumo Energético:** Dada la información sobre el costo energético diario del prototipo, se recomienda realizar una evaluación detallada de las posibles mejoras en la eficiencia energética. Esto podría incluir la búsqueda de tecnologías más eficientes, ajustes en el diseño del motor para reducir el consumo, o la exploración de fuentes de energía alternativas. La reducción del costo energético no solo beneficia económicamente, sino que también puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad y la huella ambiental.

**Mejora en las Propiedades Mecánicas de los Sombreros:** Dado que el proceso de alisado afecta el espesor de los tejidos de los sombreros, se sugiere investigar métodos para minimizar la reducción del 5% en el espesor. Esto podría implicar ajustes en la configuración de la máquina de impacto, la exploración de nuevos materiales o la aplicación de recubrimientos protectores para preservar la integridad del tejido. Mantener el espesor original de los tejidos podría mejorar la durabilidad y la calidad de los sombreros.

#### **Mejoras futuras y evolución**

**Refinamiento Continuo del Diseño Estructural:** Aunque se menciona que el diseño estructural se mejoró para abordar problemas de vibración, es recomendable continuar refinando el diseño para garantizar condiciones de trabajo óptimas y estabilidad. Esto puede incluir ajustes en la distribución de cargas, la exploración de materiales de amortiguación de vibraciones o la implementación de sistemas de control activo para contrarrestar la resonancia mecánica. Además, se podría considerar realizar pruebas adicionales para validar la estabilidad a largo plazo del prototipo en diversas condiciones de trabajo.

Con el objetivo de optimizar el rendimiento y la experiencia de usuario del prototipo de alisado de sombreros de paja toquilla, se propone la implementación de una interfaz interactiva mejorada. Esta mejora se centrará en tres aspectos clave: eficiencia energética, control del proceso y monitoreo de calidad.

**Panel de Control Energético Intuitivo:** Para abordar la preocupación sobre el consumo energético, se diseñará un panel de control que permita a los operarios monitorear y ajustar en tiempo real el rendimiento energético del prototipo. Este panel proporcionará información detallada sobre el consumo actual, alertas de eficiencia y sugerencias para optimizar el uso de energía.

Además, se integrarán controles automáticos para ajustar la potencia del motor según las necesidades del proceso, contribuyendo así a la reducción de costos y a la sostenibilidad.

**Sistema de Control de Proceso Personalizable:** La mejora en las propiedades mecánicas de los sombreros se logrará mediante un sistema de control más sofisticado. Se implementará un panel de control que permita a los operarios ajustar parámetros específicos del proceso de alisado, como la intensidad del impacto y la velocidad de las bandas. Esto proporcionará mayor flexibilidad para adaptar la máquina a diferentes tipos de sombreros, minimizando la reducción del espesor de los tejidos y mejorando la calidad del acabado. Además, se incorporará un sistema de retroalimentación en tiempo real para que los operarios puedan tomar decisiones informadas durante el proceso.

**Sistema de Monitoreo de Estabilidad y Calidad:** Para garantizar la estabilidad estructural a largo plazo y mantener altos estándares de calidad, se implementará un sistema de monitoreo continuo. Se integrarán sensores de vibración y cámaras de alta resolución en puntos estratégicos de la máquina. Estos dispositivos proporcionarán datos en tiempo real sobre la estabilidad estructural, permitiendo ajustes proactivos ante posibles problemas. Asimismo, se incorporará un sistema de inspección automática para evaluar la calidad del tejido antes y después del proceso, garantizando que se cumplan los estándares de espesor y durabilidad.

### Referencias bibliográficas

- A. C. (19 de Mayo de 2016). *AFT Charles*. Obtenido de <https://www.facebook.com/AFTCharlesOscar/videos/acionamiento-bi-manual-nr-12/977355525693661/>
- A. d. (2022). *Artesanas de colombia*. Obtenido de [https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C\\_sector/de-la-iraca-sale-un-sueno\\_1353](https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C_sector/de-la-iraca-sale-un-sueno_1353)
- Abhijeet Dhulekar, S. S. (2018). *International Research Journal of Engineering and Technology*. Obtenido de HULEKAR: [www.journalcjust.com](http://www.journalcjust.com) > CJAST > article > download
- Adebayo, R. (2017). *Journalcjust*. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V5/i4/IRJET-V5I4209.pdf>
- AdebayoAR. (2017). *Journal Repository*. Obtenido de [http://www.journalrepository.org/media/journals/CJAST\\_67/2018/Jan/Adebayo2542017CJAST38696.pdf](http://www.journalrepository.org/media/journals/CJAST_67/2018/Jan/Adebayo2542017CJAST38696.pdf)
- Adriantacuri. (2022). *Unicersidad Politecnica*. Obtenido de <https://adriantacuri1996.wixsite.com/sombreros-de-paja/about>
- Benitez, A. (15 de febrero de 2018). *organismos solidarios*. Obtenido de <https://www.orgsolidarias.gov.co/qué-es-una-cooperativa-y-cómo-se-conforma>
- C. G. (2020). *Maquinariaparacalzado*. Obtenido de Fuente: <https://www.maquinariaparacalzado.com/es/maquina-calzado/maquina-de-rebatir-mod-bc1/>
- CEP. (2014). *Vibraciones mecánicas*. Obtenido de [https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA\\_vibraciones-mecanicas\\_final\\_baixa-calidade.pdf](https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_vibraciones-mecanicas_final_baixa-calidade.pdf)
- Christian. (2019). *Organización de Ciencia y Tecnología de Defensa*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/a2fd/daf9da048b700e66153c13b9c0bb2342b8c3.pdf>

Cifuentes, C. (agosto de 2015). *Biblioteca.UDENAR.edu.co*. Obtenido de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90107.pdf>

Coli-FB. (2017). *Martilladora*. Obtenido de <https://www.collifgb.it/index.php/es/maquinas/martilladora/61-martilladora-bs7>

Collifgb. (2022). *Collifgb*. Obtenido de <https://collifgb.it/es/martilladora-bs7/#>

Collifgb. (2022). *Collifgb*. Obtenido de <https://collifgb.it/es/martilladora-bs5/#>

Colombia más. (18 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://mascolombia.com/la-iraca-no-solo-sirve-para-hacer-artesantias-cientificos-descubrieron-que-es-alimenticia/>

Colombia, a. (30 de mayo de 2019). *artesantias colombia*. Obtenido de [http://www.artesantiasdecolombia.com.co/PortalAC/C\\_sector/iraca\\_191](http://www.artesantiasdecolombia.com.co/PortalAC/C_sector/iraca_191)

Contreras, c. (28 de agosto de 2015). *unesco*. Obtenido de <https://es.unesco.org>

Crespial. (julio de 2012). *Proceso de Extraccion Paja Toquilla*. Obtenido de [http://www.crespial.org/public\\_files/1436982799.pdf](http://www.crespial.org/public_files/1436982799.pdf)

Dhulekar, A. (2018 ). *International Research Journal of Engineering and Technology*. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V5/i4/IRJET-V5I4209.pdf>

Docplayer. (2019). Obtenido de <https://docplayer.es/61174360-Norma-tecnica-colombiana-3739.html>

Docplayer. (2019). Obtenido de <https://docplayer.es/66058510-Norma-tecnica-colombiana-754-1.html>

Dreamstime. (2000). *Dreamstime*. Obtenido de <https://es.dreamstime.com/tejiendo-la-corona-de-un-sombrero-panama-artesano-que-comienza-tejer-en-montecristi-ecuador-usando-fibra-paja-toquilla-image187589289>

E. D. (2011). *Didactalia*. Obtenido de <https://didactalia.net/en/community/materialeducativo/recursos/tag/m%C3%A1quinas>

- Española, R. A. (enero de 2019). *R/A/L*. Obtenido de <https://dle.rae.es/>
- Gilardi. (2019). *Maquinas para rebatir*. Obtenido de Mod. BC1: <https://www2.meccanicagilardi.it/mod-bc1/?lang=es>
- I. A. (2018). *Entorno Turistico*. Obtenido de <https://www.entornoturistico.com/la-paja-toquilla-en-la-historia/>
- I. N. (18 de mayo de 2107). *Patrimonio cultural gob*. Obtenido de <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/2680-2/>
- Ingimage. (2021). *Pngtree*. Obtenido de [https://es.pngtree.com/freepng/set-prohibited-signs-not-touch\\_8324655.html](https://es.pngtree.com/freepng/set-prohibited-signs-not-touch_8324655.html)
- Jurado, J. (10 de diciembre de 2017). *Radio Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://www.radionacional.co/noticia/cultura/de-una-semilla-a-una-obra-de-arte-la-iraca-teje-la-historia-del-campo-narinense>
- Krimerman, L. (2015). *Grassroots Economic Organizing*. Obtenido de <https://geo.coop/story/cooperative-growth-andor-regional-cooperative-development>
- Lopez. (2014). López, D. y Orozco, j. (2017). *Clases Interactivas Demostrativas con el uso de simulaciones*. Obtenido de [http://www.lajpe.org/jun17/2322\\_AAPT\\_2017.pdf](http://www.lajpe.org/jun17/2322_AAPT_2017.pdf).
- Lozano. (2015). Obtenido de <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoefgihjai/index.html>
- M. d. (2014). *educarplus*. Obtenido de <https://educarplus.com/2020/12/sombreros-de-paja-toquilla.html>
- M. f. (20 de Julio de 2017). *Fair trade*. Obtenido de <https://www.fairtrade.ec/single-post/2017/07/20/-c%C3%B3mo-se-teje-un-sombrero-de-paja-toquilla>
- Machine, T. (2014). *Soluciones industriales*. Obtenido de <https://www.troax.com/cl/node>
- Miranda. (2013). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v41n161/0370-3908-racefn-41-161-00479.pdf>

- Mr. Martin. (2018). *Made in china*. Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_steelguang/product\\_AISI-1045-Steel-Plate-SAE-1045\\_eienygnoy.html](https://es.made-in-china.com/co_steelguang/product_AISI-1045-Steel-Plate-SAE-1045_eienygnoy.html)
- N. P. (2012). *Semanticscholar.org/*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-an-Automated-Impact-Hammer-for-Modal-Norman-Jung/ffd346e20b5c7daca83c43be73ad2b263ca00f09?p2df>
- Ochabe. (2023). *Ochabe*. Obtenido de <https://ochabe.com/es/products/fibras-naturales-de-palma-de-iraca>
- Pasto. (27 de abril de 2015). , *El Tiempo, Sombrero de Nariño será Patrimonio Cultural de la Nación*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15629915#:~:text=En%20Sandon%C3%A1%2C%20occidente%20de%20Nari%C3%B1o, hombre%20o%20la%20mujer%20del>
- patrimonio.gob. (s.f.). *Instituto nacioanal de patrimonio cultural*. Obtenido de <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/f156477228.jpg>
- Politecnica, U. (2009). *Universidad politecnica de valencia*. Obtenido de <https://www.sprl.upv.es/msherramientas1.htm>
- Politecnico gran colombia. (2019). Obtenido de <https://www.poli.edu.co/sites/default/files/seguridad-salud-trabajo.pdf>
- Racefn. (24 de agosto de 2017). *scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v41n161/0370-3908-racefn-41-161-00479.pdf>
- Rawelt. (2019). *Rawelt*. Obtenido de <https://www.rawelt.com.mx/wp-content/fichas/11.1.pdf>
- Refacciones, C. d. (2007). *Central de Refacciones* . Obtenido de [https://refaccionariacentraloficial.mercadoshops.com.mx/MLM-761955982-b50-banda-hi-power-gates-\\_JM](https://refaccionariacentraloficial.mercadoshops.com.mx/MLM-761955982-b50-banda-hi-power-gates-_JM)
- Sanchez Obando. (septiembre de 2013). *Javeriana.edu.co*. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/comunicacion/tesi562.pdf>

Shinde. (2017). *International Journal for Science and Advance Research In Technology*. Obtenido de <https://ijsart.com/Content/PDFDocuments/IJSARTV4I120724.pdf>

Shinde P.F., S. (2017). *Ijsart*. Obtenido de <http://ijsart.com/Content/PDFDocuments/IJSARTV4I120724.pdf>

SKU. (2021). *Exhibirequipos*. Obtenido de <https://exhibirequipos.com/producto/motor-monofasico-weg-ip21-2hp-3600rpm/>

Turismo, m. d. (8 de agosto de 2014). *Ministerio del turismo*. Obtenido de <https://www.turismo.gob.ec/el-sombrero-de-paja-toquilla-patrimonio-cultural-inmaterial-de-la-humanidad/>

UNESCO. (8 de agosto de 2014). *UNESCO*.

vicente, L. (2020). *Diseño de elementos de maquinas*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8889/Dise%C3%B1o%20Elementos%20Maquinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

W. J. (2017). *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, física y naturales*. Obtenido de <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/525/387>

Wikipedia. (2019). *Wikipedia*. Obtenido de Calandria: [https://es.wikipedia.org/wiki/Calandria\\_\(máquina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Calandria_(máquina))

Wikipedia. (2023). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Calandria\\_\(m%C3%A1quina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Calandria_(m%C3%A1quina))

Wordpress. (2013). *Institucion educativa Eudoro granada*. Obtenido de <https://eudotec.files.wordpress.com/2013/03/relacion1.jpg>

Y. F. (2019). *Style shock visual*. Obtenido de <https://style.shockvisual.net/sombreros-jipijapa-de-campeche-un-accesorio-mas-alla-de-lo-artesanal/>

**Anexos**

**Anexo A. Pruebas de laboratorio**

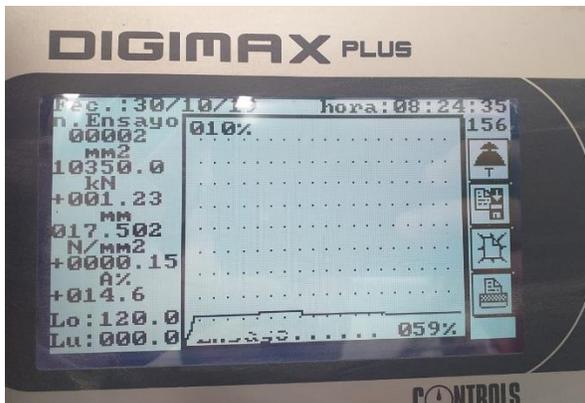
Datos ingresados en la máquina



Resultados de la prueba –grafica de deformación.

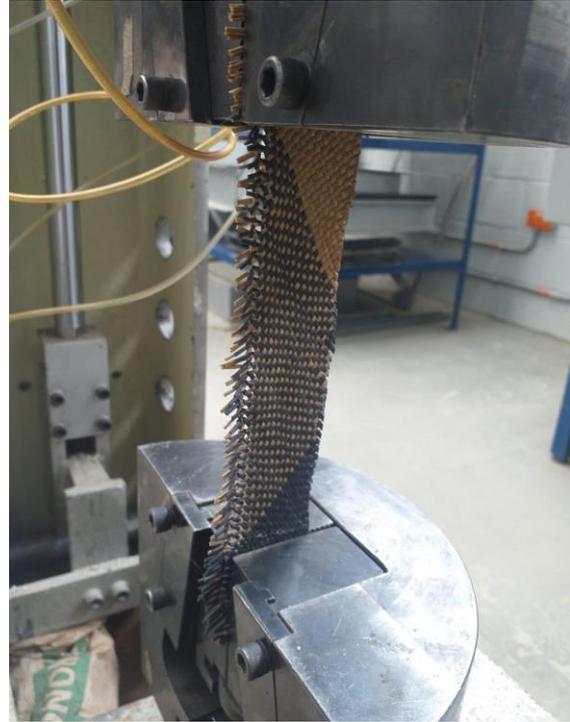


Datos establecidos para la prueba



Resultados de control

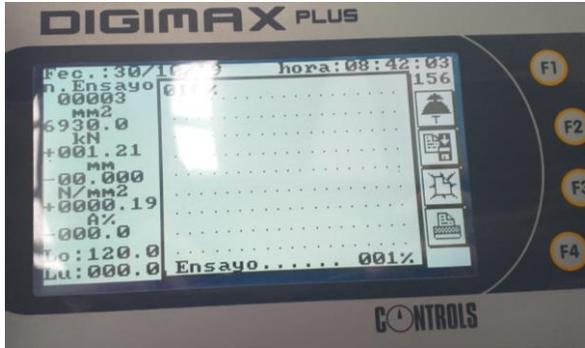




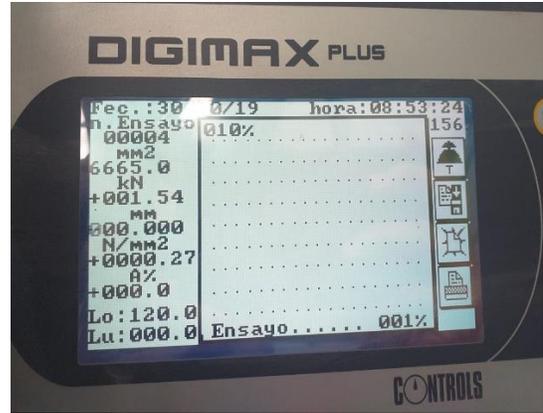
Fractura de la probeta – punto de ruptura



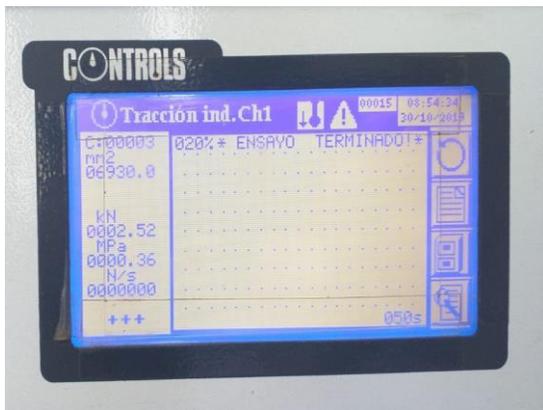
Resultados de la prueba 1



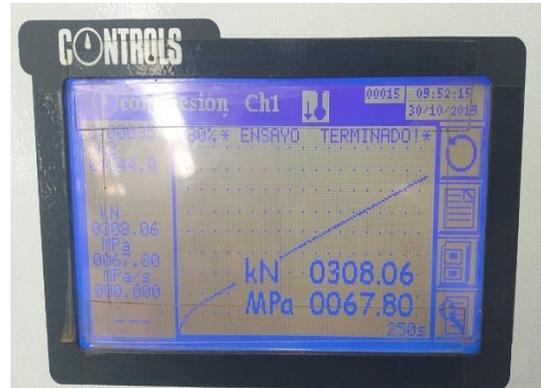
Resultados de la prueba 3



Resultados de la prueba 2



Resultados de la prueba 4

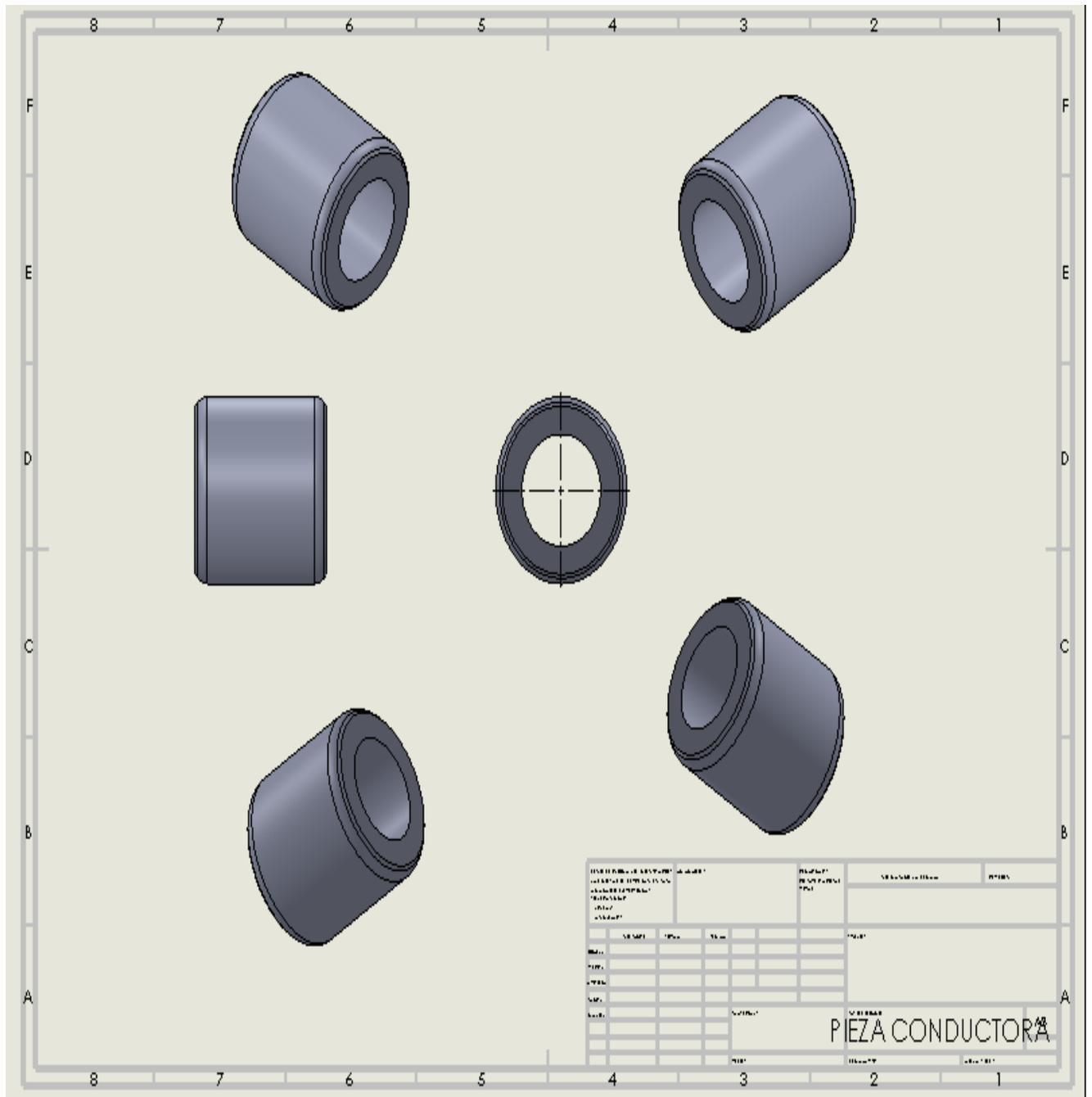








*Desarrollo de prototipo máquina de impacto para el alisado de sombreros en paja toquilla*

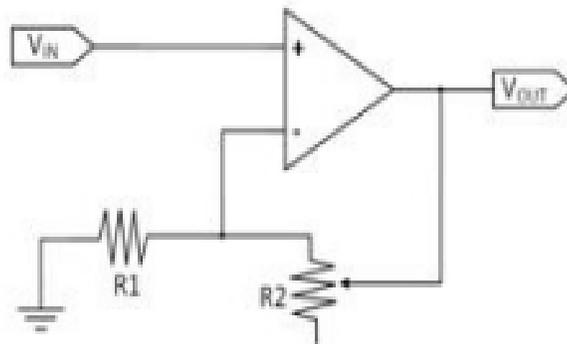
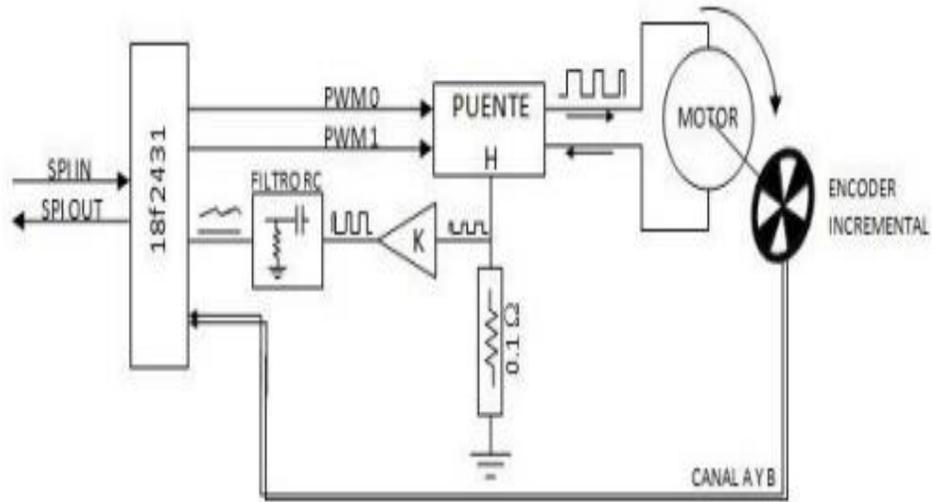




Anexo C. Planos Eléctricos

Figura 71

Esquema básico del funcionamiento del controlador

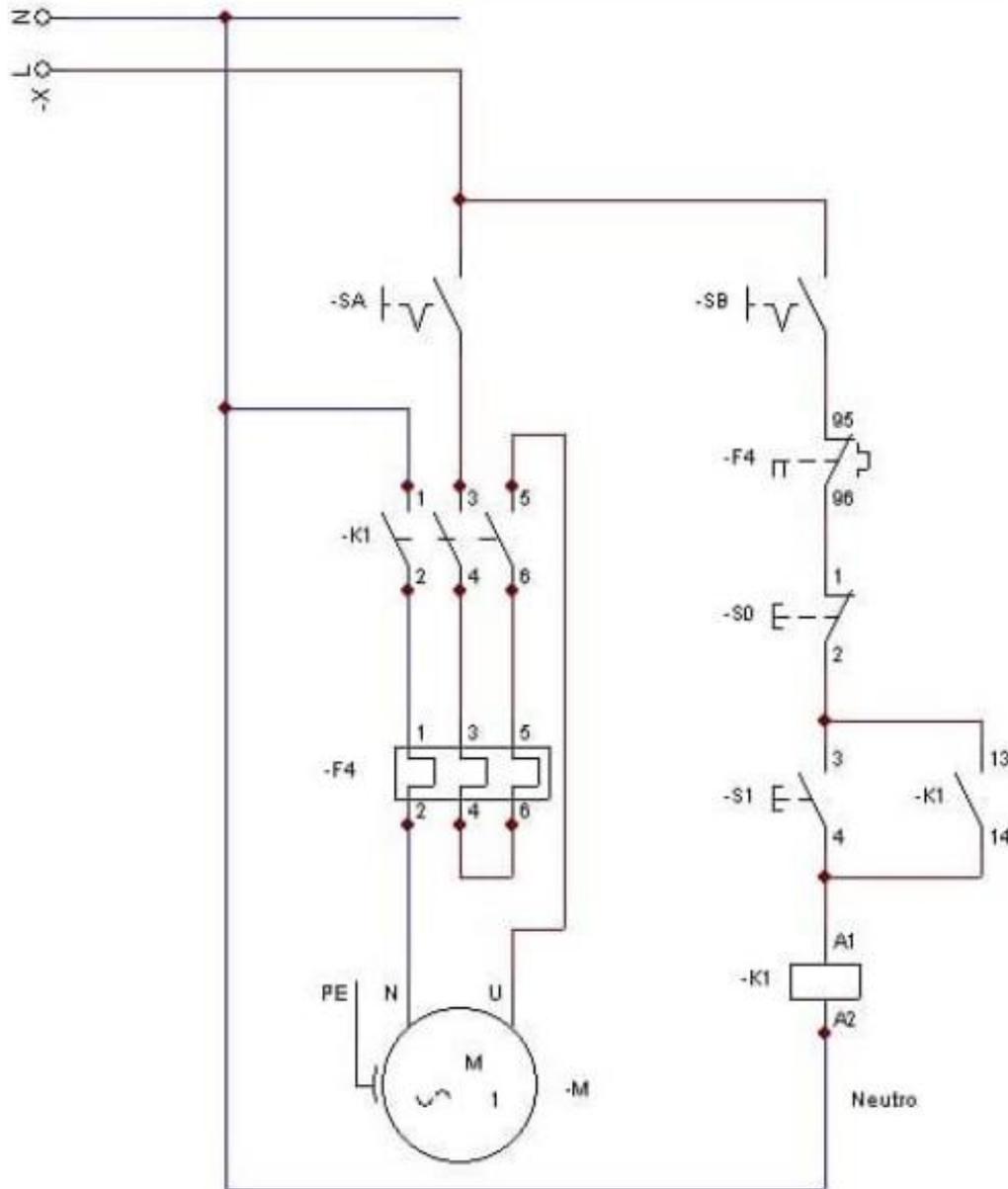


Donde:

$$V_{OUT} = V_{IN} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

**Figura 72**

*Diagrama de conexión caja de control*



## Anexo D. Manual del usuario versión español



### **MANUAL DE OPERACIONES**

1. Conecte al tablero de control una fuente de alimentación de 110-130 voltios AC, señalada por la etiqueta de alimentación 110VAC del lado izquierdo de la caja de circuitos.
2. Dirijase al panel de control identificando el botón de color "verde" para dar marcha al equipo, una vez identificado y accionado el switch proceda a verificar el testigo o bombillo de color "amarillo" que se encenderá para garantizar que el circuito eléctrico esta energizado.
3. Una vez finalizada la verificación sobre la maquina procesa accionar el botón "rojo" que esta debajo del botón verde para detener el movimiento del motor y de los mecanismos.

4. Recuerde que el botón de paro de emergencia es el botón "rojo" mas sobresaliente que esta en la parte superior del panel de control rotulado "Paro de emergencia" que permite desenergizar los circuitos eléctricos de control y detener los mecanismos.

5. Para dar marcha al motor y a todos los mecanismos conecte el enchufe o conector que esta del lado derecho del panel de control identificado como salida del motor para energizar las bobinas del motor y poner el marcha los mecanismos.

### **ADVERTENCIAS**

6. Apague la maquina cuando no este en uso y retire la fuente de alimentación.
7. El dispositivo esta adecuado para uso en interiores.
8. No se debe alterar a voluntad la los sensores de control internos del circuito para evitar dañarlo o tener un accidente.
9. Cuando utilice la maquina mantenga los dedos fuera de la área demarcada en el área de impacto de lo contrario podría generar un accidente
10. Realice un mantenimiento regular por los menos 1 vez al mes lubricando los mecanismos de impacto utilizando vaselina en el area del bastidor

### **CARACTERISTICAS**



1. Boton Encendido
2. Botón de apagado
3. Paro de emergencia
4. Fuente de alimentación
5. Salida de motor
6. Panel de control / panel de circuitos
7. Motor
8. Bastidor
9. Pieza conductora
10. Cigueñal
11. Base cigueñal
12. Rodamientos
13. Cubiertas protectoras
14. Bandas
15. Señalización/ limite





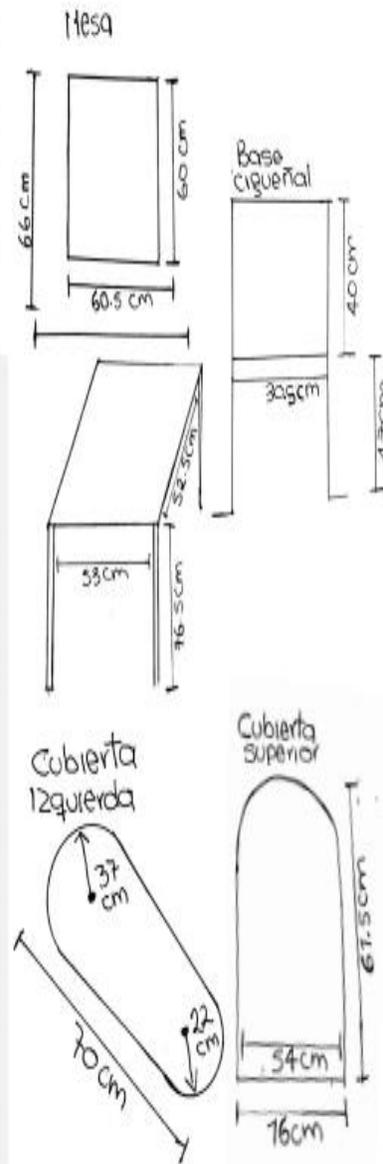
## ESPECIFICACIONES TECNICAS

● Debe utilizar una llave de 19 mm o 3/4 para retirar los tornillos de 1/2 " x 2" grado 8 que se utilizan para fijar los rodamientos de base fija o chumaceras de 1" 1/2 F208 que fijan el cigüeñal con una totalidad de 8 tornillos

● Debe utilizar llave de 1/2" o 13 mm para retirar la tornillería 5/16 x1" grado 8 que asegura la base del cigüeñal los pernos de las cubierta inferior y la tornillería que asegura la mesa con la base del cigüeñal dando una totalidad de 7 tornillos

● Debe utilizar una llave 11 mm o 7/16 para retirar los tornillos 3/16 x 1" grado 8 de que aseguran la cubierta superior dando una totalidad de 4 tornillos

● Debe utilizar una llave 14 mm o 9/16 para retirar los 4 tornillos 3/8 x 1 1/2" grado 8 que se utilizan para asegurar el motor al chasis y a la placa base sujeta a la marcha del motor



### CUBIERTA IZQUIERDA

Platina de 2" o 5 cm  
Grosor de 1/8 - Espesor  
Polea tipo B de 13"  
Bandas B -63  
Polea escalonada de 3-4-5"

### CUBIERTA SUPERIOR

Polea de 18" A con banda A72  
Espesor 16cm  
Polea conductora de 2" tipo A con  
2 rodamientos o de base fija  
Eje 1" P205.

### MESA Y BASE CIGÜEÑAL

. Chumaceras o rodamientos de 1" 1/2  
F208  
Tornillería de 1/2"  
. Chumaceras de 1" F205  
. Lamina 1040x1/2 de  
grosor -espesor 0.5cm



Anexo E. Manual del usuario versión ingles



**SPECIFICATIONS  
TECHNIQUES**

- You must use a 19mm or 3/4 wrench to remove the 1/2" 8 screws.
- You must use a 1/2" or 13 mm wrench to remove the 5/16 x 1" grade 8 hardware that secures the crankshaft base, the lower cover bolts and the hardware that secures the table to the crankshaft base, giving a total of 7 screws.
- You must use an 11mm or 7/16 wrench to remove the 3/16 x 1" grade 8 screws that secure the top cover giving a total of 4 screws.

● You must use a 14 mm or 9/16 wrench to remove the 4 3/8 x 1 1/2" grade 8 screws that are used to secure the motor to the chassis and to the base plate attached to the motor gear.



**LEFT COVER**  
2" or 5 cm plate 1/8 Thicknes -  
Thickness 3" Type B Pulley  
Bands B -63  
3-4-5" Step Pulley.

**TOP DECK**  
18" A Pulley with A72 Belt  
Thickness 16cm  
2" type A driving pulley with  
2 bearings or fixed base  
1" P205 axle.

**CRANKSHAFT TABLE AND BASE**  
.1" 1/2 pillow blocks or bearings  
F208  
1/2" screws  
.1" F205 pillow blocks  
.Sheet 1040x 1/2  
thickness -thickness 0.5cm





**OPERATIONS MANUAL**

1. Connect a 110-130 volt AC power source to the control board, indicated by the 110VAC power label on the left side of the circuit box.
2. Go to the control panel identifying the "green" button to start the equipment, once identified and activated the switch proceed to verify the "yellow" light or bulb that will light up to guarantee that the electrical circuit is energized.
3. Once the verification of the machine is completed, press the "red" button below the green button to stop the movement of the motor and mechanisms.

**WARNINGS**

4. Remember that the emergency stop button is the most prominent "red" button at the top of the control panel labeled "Emergency Stop" that allows you to de-energize the electrical control circuits and stop the mechanisms.
5. To start the motor and all the mechanisms, connect the plug or connector that is on the right side of the control panel identified as the motor output to energize the motor coils and start the mechanisms.
6. Turn off the machine when not in use and remove the power supply.
7. The device is suitable for indoor use.
8. The internal control sensors of the circuit to avoid damaging it or having an accident.
9. When using the machine, keep your fingers outside the marked area in the impact area, otherwise it may cause an accident.
10. Perform regular maintenance at least once a month by lubricating the impact mechanisms using Vaseline in the frame area.

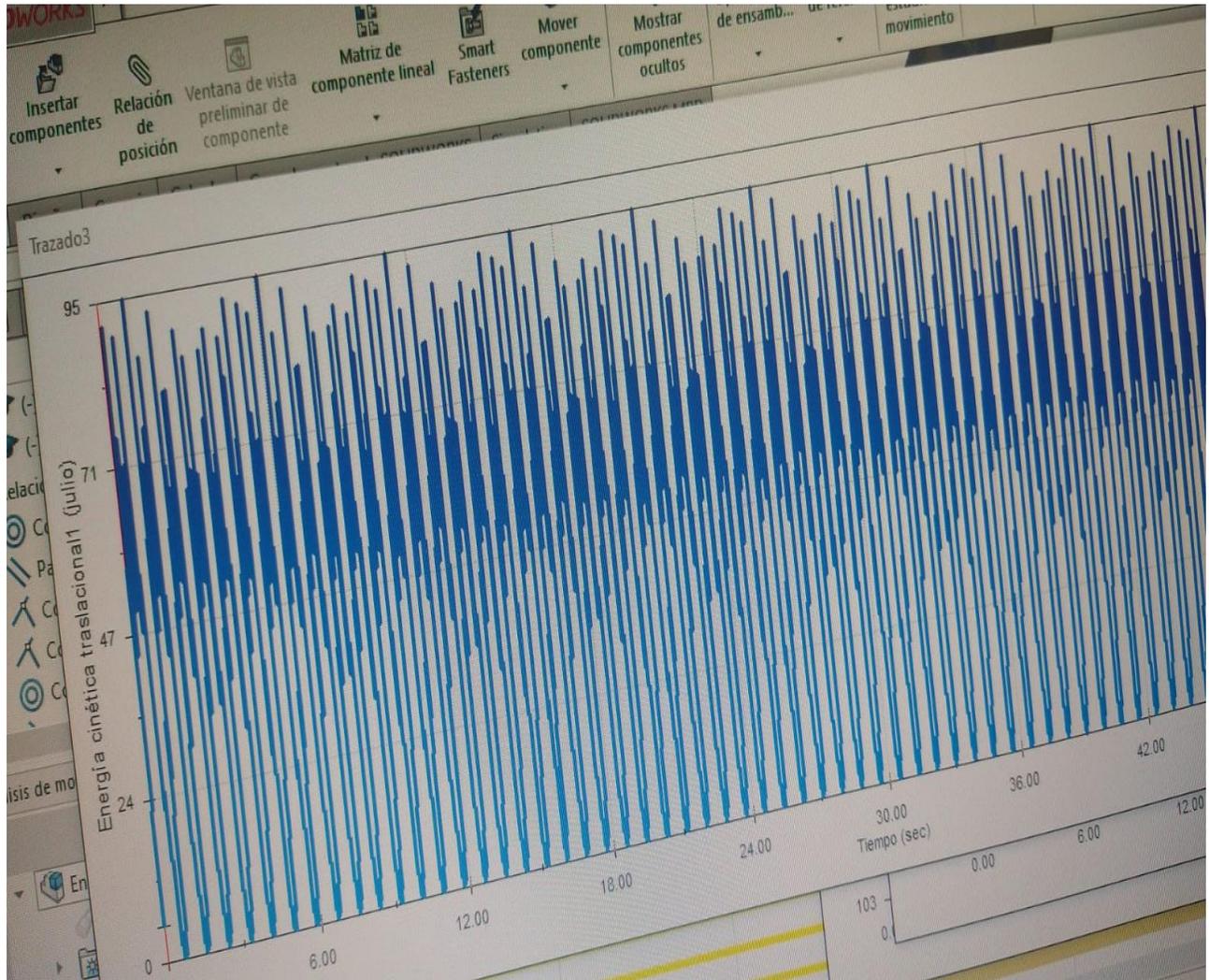
**FEATURES**



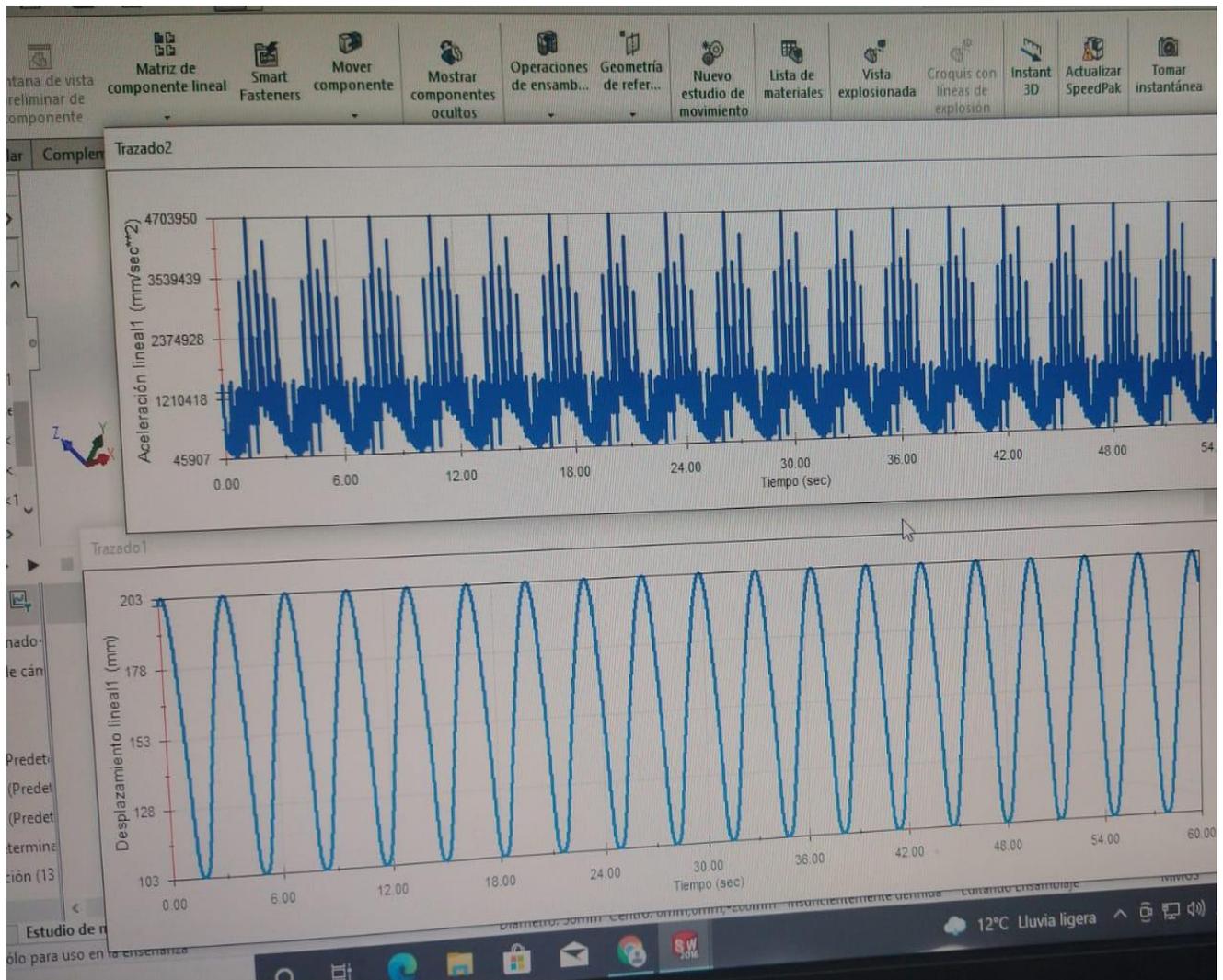
1. On button
2. Off button
- Emergency stop
- Power supply
- Motor output
- Dashboard / circuit panel
- Engine
- Frame
- Conductive part
- Crankshaft
- Crankshaft base
- Bearings
- Protective covers
- Bands
- Signage/limit



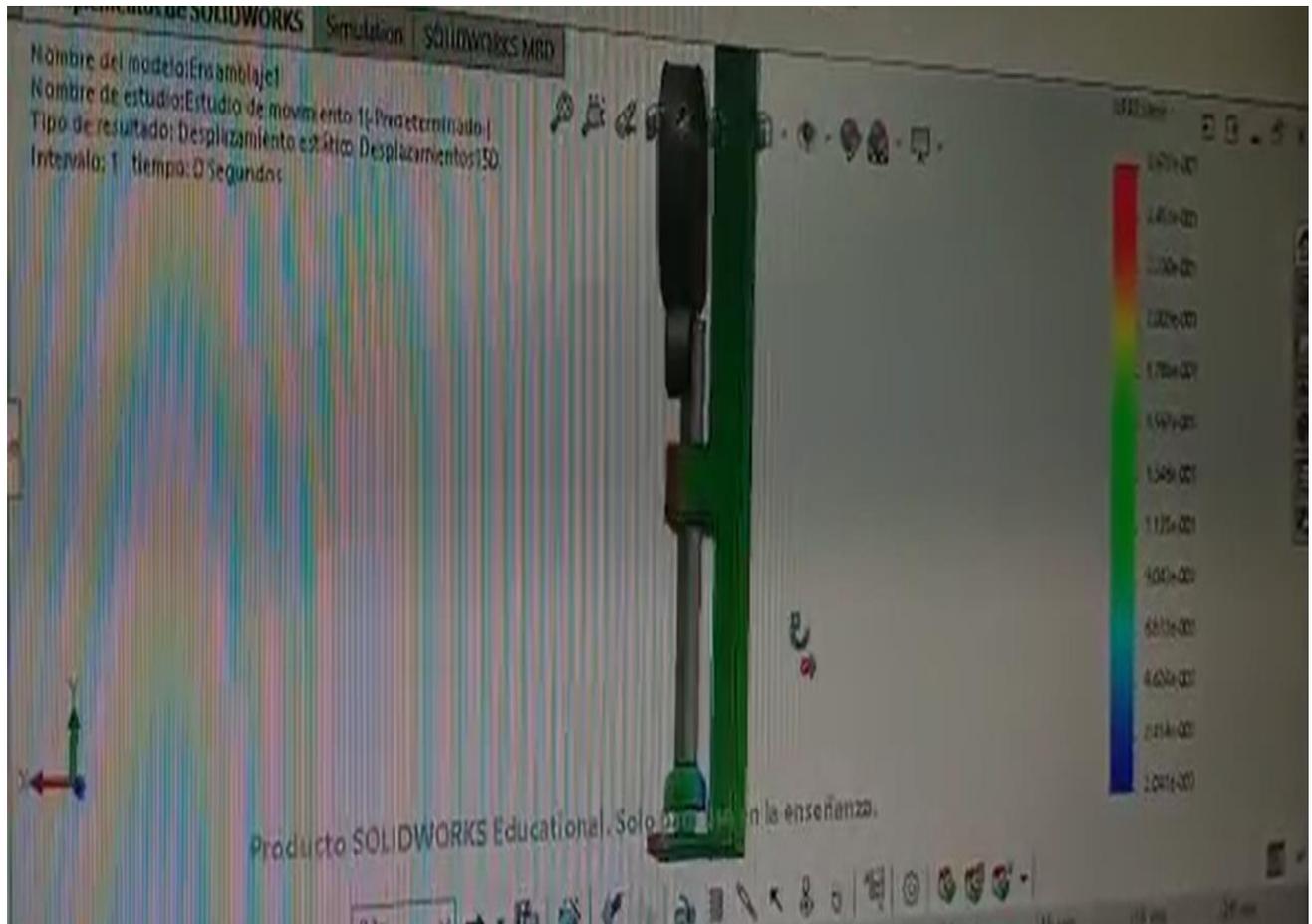
**Anexo F.** Estudio de movimiento y simulaciones en solidworks



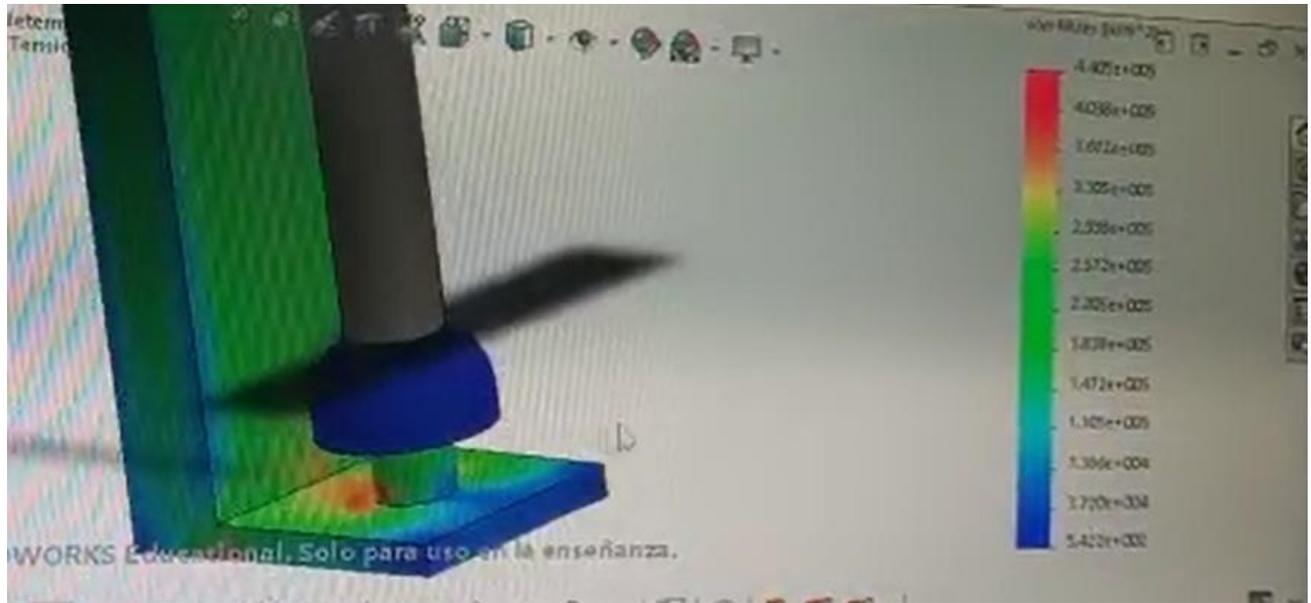
Consumo energético durante las pruebas de simulación nos arroja un valor con un pico máximo de hasta 96 Julios durante la prueba realizando un consumo energético aproximado de  $2.6 \text{ } \mu\text{Wh}$  este determina una parametrización de tiempo real.



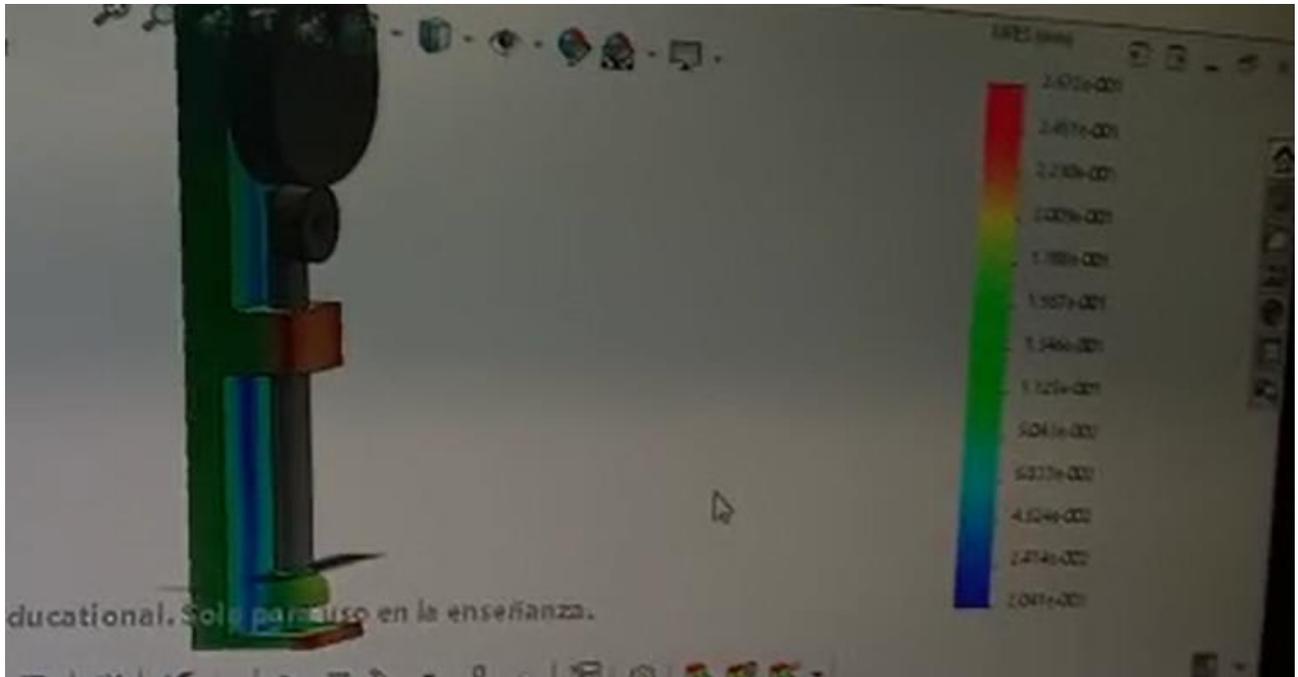
Se puede apreciar un movimiento armónico simple con respecto al movimiento del vástago y del mecanismo que proporciona una compresión lineal durante el proceso de alisado y accionamiento de los mecanismos involucrados para realizar el movimiento



Análisis de URES PANDEO deformación máxima 2.63 mm



Analisis y factor de seguridad con un factor de hasta 5 en las partes menos implicadas en el sistema y un factor de seguridad de hasta 6 en las areas mas implicadas donde el vastidor realiza contacto sobre la superficie del mecanismo y la mesa de trabajo.



Simulación de factor de tensión de Von Mises nos entrega una carga resultante máxima sobre la base de 4.4 N/m<sup>2</sup>