



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL ACOLMAN

**“DISEÑO, FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
MÁQUINA CLAVADORA NEUMÁTICA PARA BALONAS DE
MADERA”**

MEMORIA DE EXPERIENCIA LABORAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA

ASESOR:

M. EN C. RAFAEL FLORES GONZÁLEZ

ACOLMAN, MÉXICO

13 DE MAYO, 2022

Contenido de la memoria de experiencia laboral

RESUMEN	5
IMPORTANCIA DE LA TEMÁTICA	6
DESCRIPCIÓN DEL PUESTO O EMPLEO.	7
PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA	8
MARCO TEORICO	10
1. CARRETE DE MADERA	10
2. ESTRUCTURA DE UN CARRETE DE MADERA	10
3. FABRICACIÓN DE UN CARRETE DE MADERA	13
4. CLAVADO DE BALONAS	16
5. PROCESO DE DISEÑO DE MAQUINARIA	18
INFORME DETALLADO DE LAS ACTIVIDADES	19
SOLUCIÓN DESARROLLADA Y SUS ALCANCES	22
1 ETAPA DE DISEÑO	22
1.1 Análisis del proceso productivo	22
1.1.1 Condiciones de diseño	23
1.2 Propuesta de maquinaria.	24
1.3 Estructura	28
1.4 Centro elevador	30
1.4.1 Circuito neumático	30
1.4.2 Modelado 3D de componentes	37
1.4.3 Estudio de movimiento	41
1.4.4 Simulación de esfuerzos	42
1.5 Base para pistolas	48
1.5.1 Modelado 3D de componentes	48
1.5.2 Estudio de movimiento	51
1.5.3 Simulación de esfuerzos	52
1.6 Cadena de ruedas	57
1.6.1 Modelado de componentes 3D	58

1.6.2 Estudio de movimiento	60
1.7 Tope mecánico	61
1.7.1 Modelado 3D de componentes	61
1.7.2 Estudio de movimiento	64
1.8 Resortes	65
1.8.1 Modelado 3D de componentes	65
1.8.2 Estudio de movimiento	66
1.9 Ensamble de clavadora neumática	67
1.9.1 Estudio de movimiento	69
2. ETAPA DE FABRICACIÓN	72
2.1 Estructura	72
2.2 Centro elevador	74
2.3 Tope mecánico	77
2.4 Resortes	78
2.5 Base para pistolas	78
2.6 Cadena de Ruedas	80
2.7 Ensamble y presentación de clavadora neumática	80
3 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN	82
3.1 Pruebas de funcionamiento	82
3.2 Puesta en marcha y análisis de funcionamiento.	84
3.3 Presentación de resultados	86
3.3.1 Incremento en la productividad	86
3.3.2 Incremento en la calidad	90
3.3.3 Seguridad e higiene	93
IMPACTO DE LA EXPERIENCIA LABORAL	95
REFERENCIAS DE CONSULTA	97
ANEXOS	98

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en todos los procesos de producción industrial se debe considerar la mejora e implementación de nuevas tecnologías y métodos de trabajo, debido a esto y en apoyo al proceso productivo en un empresa manufacturera de carretes de madera nace el interés y la necesidad de desarrollar un proyecto que ponga en práctica conocimientos y habilidades de ingeniería industrial con la finalidad de aumentar la productividad con mejoras a la maquinaria e instalaciones para así llegar a ser más competitivos dentro del mercado afín. Por ello, las industrias deben buscar ser más eficientes con el uso de diversas fuentes de energía, en este caso neumática y mecánica, empleando las habilidades técnicas y tecnológicas, cuidando el medio ambiente y satisfaciendo las necesidades sociales.

Ante el compromiso con el cliente principal dedicado al embobinado de cable de acero de abastecerle un requerimiento mensual de carretes de madera para el embalaje de cable de acero, es necesario analizar el proceso productivo y proponer mejoras en la maquinaria y equipo, que apoyados con software CAD/CAM brindan una mejora competitiva, reducen tiempos muertos y fatigas para el operador, además de cuidar la calidad y elevar la productividad de las plantillas de trabajo, todo esto cuidando y elevando la calidad de los productos entregados al cliente, dando un plus estético y un lugar más competitivo a la empresa.

La empresa se dedica a la manufactura de carretes o bobinas de madera para el embalaje de cable de acero utilizado en la industria de telecomunicaciones, pesca, minería, ingeniería, entre otros, además de tarimas o pallets, grabado en madera y desarrollo de nuevos productos. La empresa se encuentra ubicada en la localidad de Tepexpan, municipio de Acolman y cuenta con más de 10 años laborando y buscando ser la empresa líder en el centro del país en la manufactura de embalaje de madera.

RESUMEN

La presente memoria de experiencia laboral expone las actividades realizadas en la mejora del proceso productivo en una empresa dedicada a la manufactura de carretes de madera mediante el apoyo al diseño, fabricación e implementación de maquinaria basada en un prototipo ya existente, acciones que dan como resultado el incremento en la productividad, la calidad del producto y la seguridad hacia el operador así como la dirección del proceso a un crecimiento en el mercado afín, además de la interpretación de datos completamente medibles y uso de software especializado que facilitó el modelado y simulación de diversos sistemas para así tomar las mejores decisiones y favorecer el proceso, gracias a esto y mediante un análisis del proceso se presentó una propuesta de diseño y mejora a la maquinaria, dicha propuesta, así como cada componente, se modeló en software 3D uno a uno, ensamblado en conjunto con diversos componentes mecánicos acorde a las necesidades del proceso, mismos que se solicitaron a proveedores con la finalidad de facilitar la fabricación de la maquinaria, de igual forma, el dibujo de planos para la posterior manufactura de piezas en un centro de maquinado es una actividad primordial a resaltar, ya que así, la maquina puede cumplir con las funciones para las que está pensada, sumado a esto, el mayor avance presentado fue la implementación de actuadores neumáticos que mejoran considerablemente el proceso convencional, mismos que facilitan enormemente su mejora continua a futuro, en conjunto, todo esto muestra un incrementó muy considerable en la cantidad de producto terminado, con un diseño ergonómico que hace el proceso más amigable y rápido para el operador, además de que cuida su integridad física no exponiéndolo a los riesgos y accidentes de operación más comunes que se tienen registrados en este tipo de proceso y aumentando a la vez la calidad del producto terminado, eliminando defectos de fabricación y reprocesos por falta de estandarización, lo cual se transforma automáticamente en aumento de la productividad de cada plantilla de trabajo,

De la misma forma, esta memoria presenta un análisis de como la propuesta aprovecha al máximo los recursos de la planta tales como el suministro de energía (aire) y genera ahorro en consumibles como aceites y clavos e insumos como la

necesidad de dos o más operadores para cumplir con la actividad a realizar, disminución de tiempos de operación y reprocesos que generan tiempos muertos y mal aprovechamiento de las instalaciones y herramientas, así como una mejora visual y estructural del producto en temas de calidad que comúnmente se traducen en pérdida de materia prima, aumenta los costos de fabricación y puede llegar a generar problemas con los clientes, para finalmente concluir con la propuesta como un parteaguas para la implementación de mejoras en otras áreas de trabajo con sistemas similares basados en actuadores neumáticos y que fácilmente dejan el camino abierto para la automatización.

IMPORTANCIA DE LA TEMÁTICA

Todas las empresas tienen sus propios procesos para facilitar las actividades realizadas, y para esto es necesario tener las puertas abiertas a la mejora continua, la adaptación de nuevas tecnologías y cumplimiento de ciertos procesos en cuestión de calidad para así ser competitivos y estar listos para cualquier situación, para este caso, es indispensable implementar mejoras en los procesos y para ello mejorar a un grado que pueda ser competitivo ante el creciente desarrollo industrial.

Por todo esto, es importante diseñar y fabricar nueva maquinaria que no solo aumente la productividad, también debe incrementar la calidad del producto que en tiempos anteriores ha llegado a presentar problemas con los clientes, además de que en el proceso convencional, el operador está expuesto a situaciones que pueden generar accidentes contra su persona y a terceros, por ello es necesario aplicar conocimientos de ingeniería industrial tales como el modelado en 3D, mecanismos, actuadores neumáticos, entre otros, que facilitan las actividades de diseño y fabricación, y de la misma forma, después de implementar la maquinaria, se utilizan herramientas de estándares de calidad y cálculos de productividad, que arrojen resultados positivos y coloquen el sistema como una máquina-herramienta indispensable y que cumple con las funciones para las cuales está diseñada.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO O EMPLEO.

El puesto desempeñado en la empresa es el de **Programador de producción**, en el cual se desempeñan actividades como:

1. Programación de ordenes de producción.
2. Análisis de Kanban.
3. Requerimiento de insumos.
4. Distribución de planta.
5. Asignación de actividades y horas extra.
6. Análisis de proceso y reportes de producción.
7. Manufactura de nuevos productos.
8. Diseño Industrial.
9. Mejora continua.
10. Maquinaria y equipo.

Las funciones de dicho puesto constituyen la columna vertebral del proceso productivo en cualquier empresa manufacturera, aquí el control de la producción permite analizar día a día la capacidad de producción de las plantillas de trabajo así como la asignación de ordenes de producción, planeación de materiales, requerimiento de insumos y control de inventarios, estas actividades se apoyan de un sistema de planificación de recursos empresariales (**ERP**, por sus siglas en inglés, enterprise resource planning). Como programador, se realizan actividades de diseño industrial tales como el modelado 3D, dibujo de detalle, simulaciones de movimiento y de esfuerzos, neumática, análisis de mecanismos y dibujo de layout utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (**CAD**) y manufactura asistida por computadora (**CAM**).

Por último, se desarrollaron actividades de manejo de personal tales como la asignación de horas extra con el fin de cumplir con las metas de producción, planificar actividades ajenas al proceso como lo son la fabricación de nueva maquinaria y realizar actividades de soldadura, pintura y conexiones neumáticas. Como programador de producción, lo más importante es tener el dominio y conocimiento de toda la información, lo que ocurre con proveedores, clientes y

empleados, para así poder evaluar el desempeño y atacar los puntos donde se presenten dificultades.

PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

Dentro del proceso de manufactura de un carrete de madera, el componente que más métodos y variaciones de fabricación tiene dentro de la industria es la balona o brida de madera, componente que pasa por distintos procesos, sin embargo, este proyecto se centra en el proceso de clavado, el cual presenta problemas de ergonomía para el operador así como tiempos de fabricación demasiado altos, los cuales repercuten directamente a la productividad de las plantillas de trabajo.

Una balona de madera debe estar unida mediante clavos rolados de acero, mediante distintas circunferencias de clavado que deben estar distribuidas uniformemente en la superficie de esta con la finalidad de mantener repartidas las áreas de sujeción, además de no contar con cabezas de clavos por fuera de la superficie, situaciones que se presentan de manera constante y deben ser erradicadas ya que generan un riesgo enorme al producto para el cual están destinados, en este caso cables de acero para retenidas, torones, cables mecánicos y electromecánicos, entre otros.

La mejora al proceso con el diseño, fabricación e implementación de nueva maquinaria en la empresa donde se realiza el estudio, ha sido un proceso en el cual nunca se ha implementado una mejora tecnológica importante, por tanto, el fenómeno de variación y su impacto en los costos de mala calidad tales como devoluciones de producto terminado que ascienden a cifras de hasta \$100,000.00 M.N por un carrete que presente defectos en su superficie debido al tipo de cable que se le embobina, ya sea por la rotura de la madera al trabajarse inadecuadamente, clavos mal doblados o atorados, desniveles entre las tablas y defectos estéticos que también generan tiempos muertos y de reproceso.

Estos reprocesos repercuten directamente a la productividad de las plantillas de trabajo, por ejemplo en lugar de que el turno de operadores entregue una orden terminada de 15 piezas que se les solicitaron, terminan entregando 11 piezas, 3 de

estas presentan roturas que deben ser reparadas manualmente y las 4 faltantes no se terminaron por detallar las 11 que terminaron. Esto afecta enormemente a los ingresos de la empresa, al no tener material suficiente para abastecer al cliente comienzan a presentarse consumos de otros productos haciendo muy difícil apegarse a la planeación original y ocasionando cambios bruscos en la programación de la producción.

Otro factor que presenta problemas en este proceso es el desperdicio de insumos como el aire, ocasionado por rotura de mangueras o fugas en conexiones, de igual forma existen desperdicios en materias primas, ejemplo de ello es el uso excesivo de clavos para unir una balona, normalmente para un modelo de tamaño medio de balona se necesitarían aproximadamente 65 clavos, el rollo de clavo contiene 225 unidades, de los cuales se ha observado llegan a sobrar pequeñas tiras de entre 5 y 10 clavos que no se usan porque no está estandarizado un método de clavado uniforme, generando desperdicios muy grandes cada mes que se realiza el inventario físico.

Sumado a esto, es de conocimiento general que el uso de equipo de protección personal (**EPP**) es indispensable en cualquier área o actividad laboral que involucre un riesgo al operador, aun a pesar de esto, se han presentado accidentes laborales tales como clavos enterrados en alguna parte del cuerpo, cortes y laceraciones por puntas o cabezas de clavos por fuera de la superficie de las balonas, torceduras y machucones al momento de manipular estos discos de madera, por mencionar algunos, todo esto se origina por distracciones o mal uso del equipo de trabajo, muchas veces por la negligencia del mismo operador o por la falta de dirección y orientación por parte de supervisores y encargados, pero más aun, por la falta de automatización o estandarización del proceso, por todo esto es necesario exponer todas estas deficiencias en las herramientas y métodos de trabajo que no reflejan el comportamiento real de los componentes en el proceso de fabricación, gracias a ellos se vislumbra un área de oportunidad enorme en el proceso de manufactura de carretes y en este tipo de proceso en particular.

MARCO TEORICO

Las especificaciones para la manufactura de carretes de madera han sido utilizadas en la empresa por mucho tiempo sin que se haya llevado a cabo un análisis detallado de estas. A continuación, se explicarán los conceptos más importantes del proceso para fabricar carretes de madera y los componentes actuales de los mismos con algunos modelos representativos para tener una base para el análisis posterior.

1. CARRETE DE MADERA

Solís, J. (2008) afirma que los carretes de madera son el empaque que tradicionalmente ha sido utilizado en la industria cablera. La fabricación del carrete es un proceso de mano de obra intensiva donde el operador manipula todos los componentes y los ensambla uno a uno hasta completar el producto. A continuación, la figura 1 presenta el renderizado de un carrete de madera listo para ser embobinado.

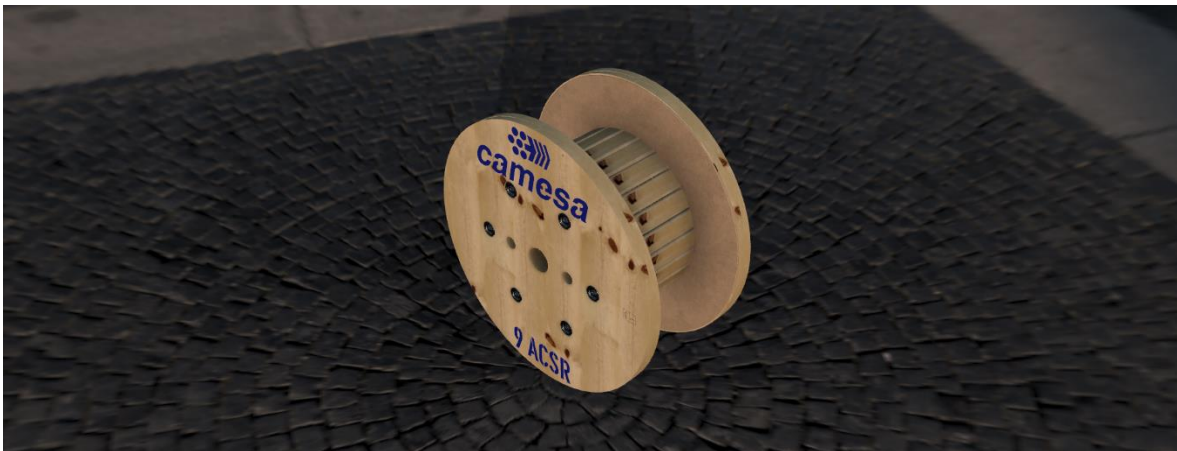


Figura 1.- *Renderizado de un carrete de madera (elaboración propia, 2022).*

2. ESTRUCTURA DE UN CARRETE DE MADERA

El carrete de madera está compuesto por una serie de componentes fabricados con madera y acero, forman un ensamble rígido que permite soportar las cargas y materiales que se les embobinan alrededor, la figura 2 muestra el explosionado de un carrete de madera y todos los componentes con los cuales está conformado.

DOCUMENTO: ESPECIFICACION CARRETE DE MADERA

Version No.:0
08-Octubre-21

Sustituye: Version 1

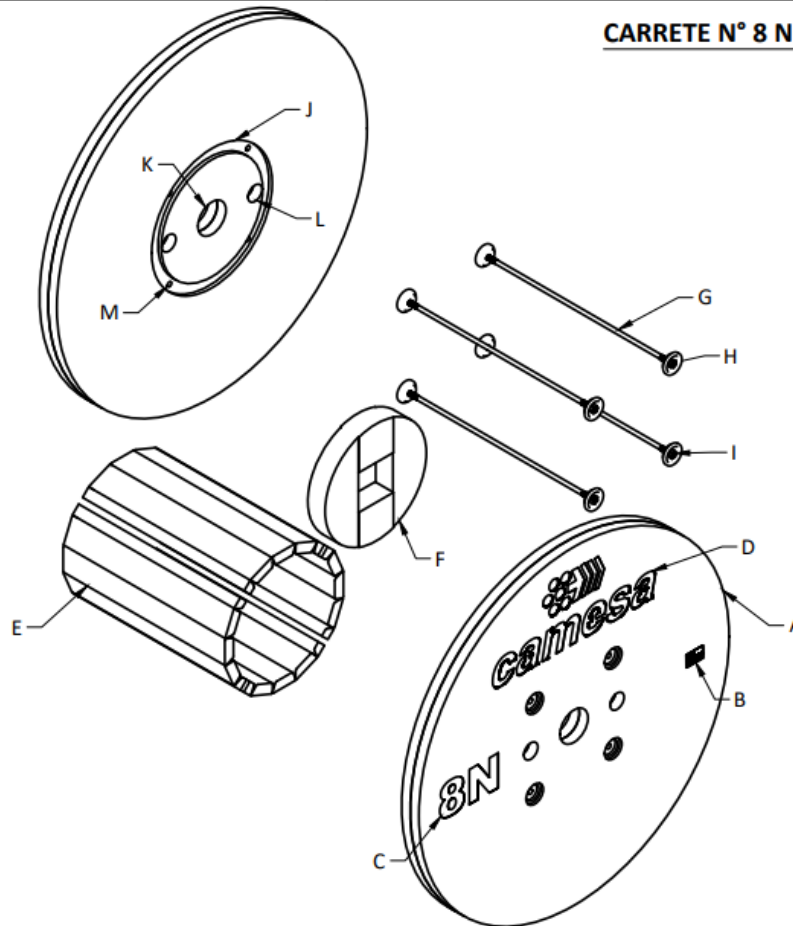
Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

CARRETE N° 8 NORMAL



DESCRIPCION	
A	Balona de madera
B	Sello de tratamiento térmico
C	Modelo de carrete
D	Cliente
E	Duela
F	Cuello o disco de madera
G	Varillas o birlos roscados
H	Roldanas planas o cazuelaz
I	Tuercas estándar
J	Router para duela
K	Barreno de carga central
L	Barrenos de arrastre
M	Barrenos de varilla

Figura 2. Explosionado carrete de madera No. 8 Normal (Elaboración propia, 2022).

-
- A. Balonas de madera:** es el componente principal del carrete de madera, el diámetro varía según el modelo así como el grosor, está compuesto por dos o más capas de madera en traslape y unida por clavos de distintos largos a modo de sujeción.
- B. Sello de tratamiento térmico:** este sello es un distintivo que incluye un número único de identificación que otorga la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-144-SEMARNAT-2012**, que establece las medidas fitosanitarias reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera, que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías.
- C. Modelo del carrete:** es un rotulado con el número de modelo de carrete en base al cable que se le va a embobinar.
- D. Cliente:** es el nombre rotulado del cliente al que le pertenece el carrete.
- E. Duela:** la duela es el componente que conforma el tambor del carrete y le da soporte para mantenerlo armado, es muy importante respetar sus dimensiones ya que el devanado se hace sobre las mismas, su proceso de fabricación incluye cortes y perfilados en sus vértices con la finalidad de darle una forma curvada que facilite su ensamble.
- F. Cuello:** el cuello cumple con la función de darle soporte al tambor del carrete al embobinarlo, ya que el perno sobre el cual se sostiene y se gira debe levantar el carrete cada vez más pesado.
- G. Varillas:** son fabricadas con redondo o varilla lisa de acero y varían su diámetro según el modelo, así como la cantidad por carrete, se deben roscar por ambos extremos con peines tangenciales que proporcionan una cuerda estándar. Proporciona el apriete al carrete de madera y mantiene todos los componentes rígidos.
- H. Roldanas planas y de cazuela:** dependiendo de la especificación del cliente, las rondanas que se le colocan a cada carrete para su apriete pueden variar, ya sea con forma plana o con un troquelado especial con forma de cazuela.

-
- I. **Tuercas estándar:** el tipo de tuerca que se utiliza es de acero al medio carbono con forma hexagonal y cuerda estándar UNC, las cuales proporcionan el apriete en conjunto con las rondanas y las varillas roscadas.
 - J. **Router:** es un ranurado realizado sobre la balona de madera con la finalidad de sostener la duela, que a diferencia de muchos otros fabricantes, colocan un cuello al interior del tambor y pegados a la superficie de la balona. El router se realiza con una operación de maquinado en el router CNC.
 - K. **Barreno de carga central:** es el barreno que soporta la mayor carga al momento del embobinado del cable, por el entra un perno que hace girar todo el carrete, se realiza con operaciones de ranurado o cajeadado en un router CNC.
 - L. **Barreno de arrastre:** al momento de embobinar el cable, sirven como soporte y medio de apoyo para que la maquinaria que embobina el cable haga girar el carrete.
 - M. **Barreno de varilla:** son ranurados por los que se insertan las varillas al momento de armar el carrete, deben guardar cierta tolerancia para facilitar su ensamble, y en caso de requerir cazuela se deben realizar las operaciones de taladrado de manera independiente.

3. FABRICACIÓN DE UN CARRETE DE MADERA

La figura 3 presenta el diagrama de procesos operativos para el proceso de fabricación de un carrete número 8 normal, mostrando el flujo así como los tiempos de operación para un solo carrete de madera, estos procesos se subdividen por componentes. Cada componente tiene un proceso de fabricación en específico, así como un área de producción adecuada conforme a las actividades que se realizan, y se distribuyen de la siguiente manera:

Diagrama de procesos operativos
Tipo de fabricación: Carrete CAM. Metodo Actual

Alejandro Rosas | February 25, 2022

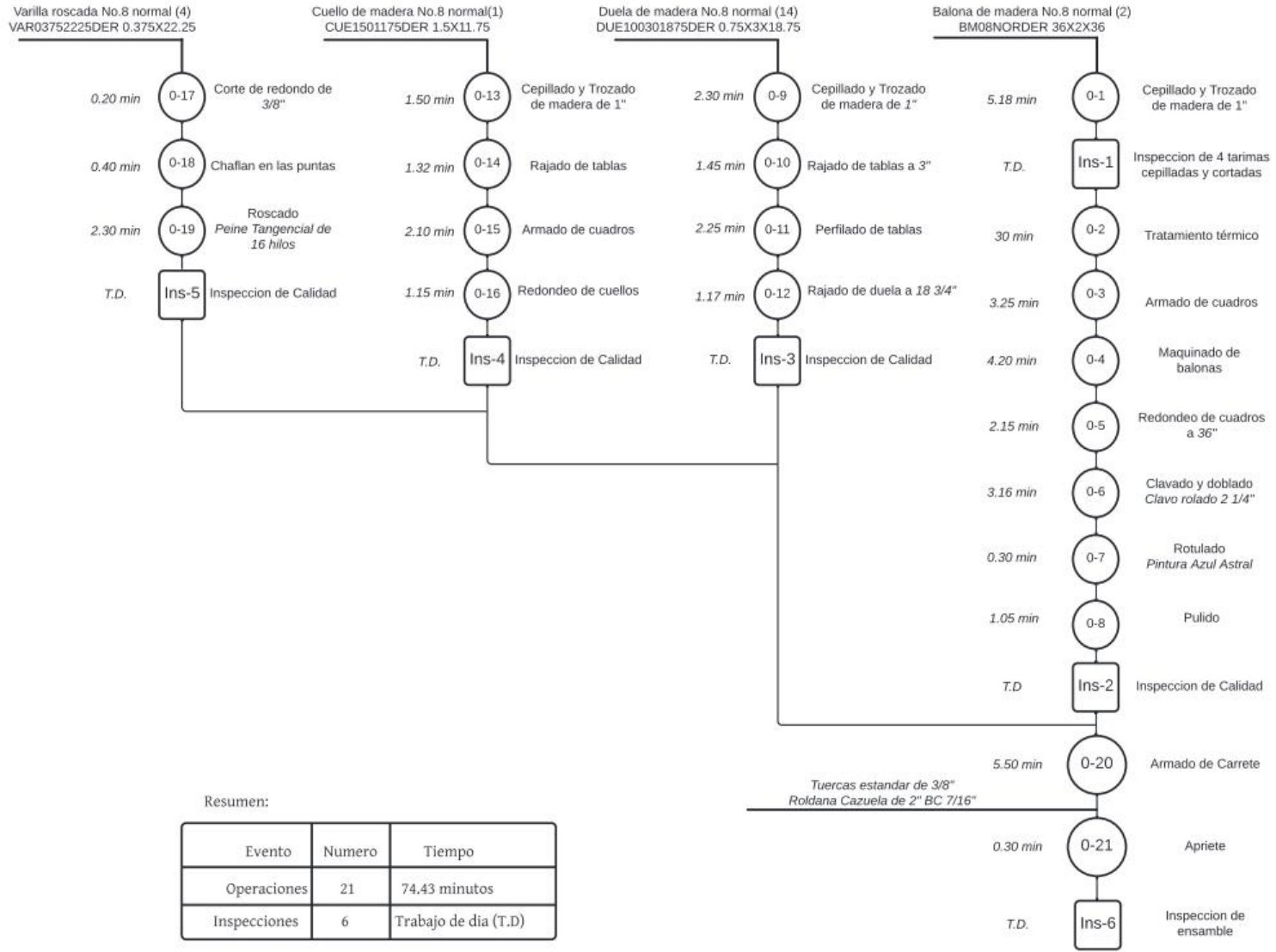


Figura 3.- Diagrama de procesos operativos para la fabricación de un carrete de madera (elaboración propia, 2022).

-
1. **Área de Corte y Cepillado:** en esta área, se realiza el cepillado de la madera de acuerdo con el grosor del modelo a fabricar, además del corte conforme a la longitud solicitada, cuenta con un almacén de materia prima, en este caso, la madera sin procesar.
 2. **Área de Balonas:** en esta área, se fabrican las balonas de madera, dicho componente es el más característico de un carrete de madera, así como el de más grado de complejidad y con subprocesos de fabricación, tales como el armado de cuadros de madera, maquinados, redondeo, clavado y doblado de clavos, seguido por el rotulo y pulido de superficies, cuenta con un almacén de sustancias químicas y herrajes.
 3. **Área de Periféricos:** es el área destinada a fabricar duelas y cuellos de madera que sirven como soporte y conforman el tambor del carrete.
 4. **Área de Herrajes:** aquí se elaboran las varillas o birlos, con redondo de acero, se corta a la medida y se le realiza un roscado de acuerdo con el modelo a fabricar. También, se fabrican placas de acero para el soporte de los carretes al momento del embobinado del cable y soleras para el apriete de los birlos. Cuenta con un almacén de materia prima, el cual se conforma de hojas de placa de acero, redondo y soleras, además de uno de consumibles que comparte con el área de balonas, aquí se encuentran tuercas, rondanas, tornillos, clavos y grapas.
 5. **Área de Calidad:** en esta área como su nombre lo indica, llega todo el producto terminado para ser evaluado y aprobado por el equipo de calidad, que debe dar la autorización para que los componentes puedan ser ensamblados de acuerdo con las especificaciones de cada modelo.
 6. **Área de Ensamble:** aquí se encuentra el equipo de armado de carretes, donde se unen todos los componentes para dar con el producto final, se realizan además operaciones de detallado y barrenados en diagonal.
 7. **Área de Logística:** es el área destinada a la carga del producto terminado para su posterior transporte y entrega al cliente.

El proceso para fabricar carretes de madera usualmente es el mismo sin importar el fabricante. Su diseño puede presentar variaciones dependiendo el tipo de cable, las cargas a la cuales estarán sometidos, las condiciones del entorno en el que se utilicen, su operación, la finalidad para la cual se utilizarán, entre otros. Los carretes están hechos con madera de pino, la clase de la madera puede variar según el cliente y los proveedores, la cual por especificación permite un determinado porcentaje de nudos, corteza y resina. La madera es sometida a un tratamiento térmico fitosanitario que seca la madera y elimina cualquier plaga que pueda llegar a tener. Este proceso se realiza en una cámara especial donde la madera se somete a aire caliente producido por un quemador a base de gas natural durante aproximadamente 30 minutos a una temperatura promedio de 56°C, con el cual se asegura la eliminación plagas y hongos; posteriormente se deja reposar hasta llegar a temperatura ambiente.

4. CLAVADO DE BALONAS

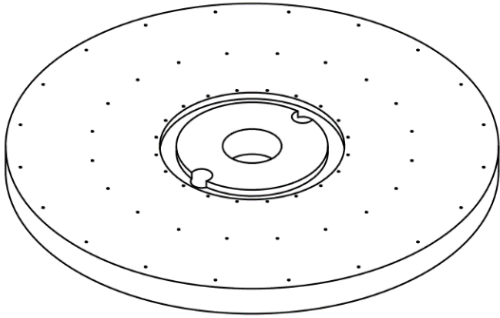
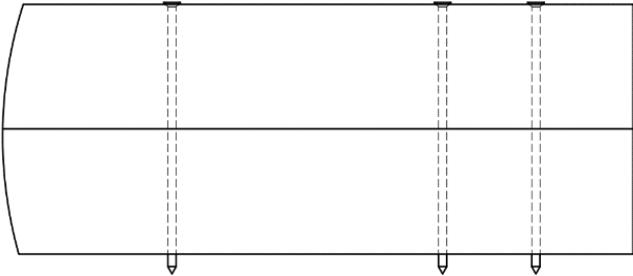
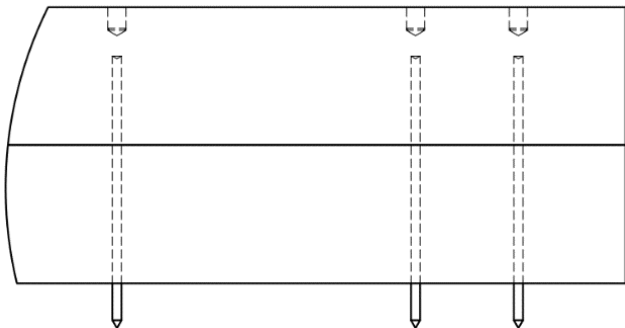
En la empresa, el área de fabricación de balonas tiene dos líneas de producción que se cruzan en determinado punto del proceso, la línea 1, está destinada a fabricar balonas con diámetro de 26" hasta 43", mientras que la línea 2 está destinada a fabricar balonas desde 46" hasta un máximo de 84". Mantener una balona unida así como obtener una superficie plana y uniforme es un proceso que se realiza en el lugar de trabajo de una manera artesanal, y emplea lo siguiente:

1. Clavo rolado.
2. Pistola para clavos neumática.
3. Guía de clavado.
4. Martillo para remachar.

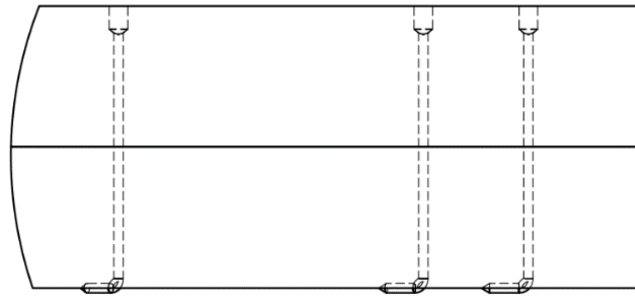
Existen diferentes tipos de uniones en estructuras de madera, en este caso una unión mecánica, estas uniones se realizan por medio de clavijas (grapas, clavos, tirafondos, pernos y pasadores) y conectores (anillo, placa, dentados y placas clavo), a modo de ensamble, ya que esta unión se usa para unir piezas con diferentes directrices de la fibra. (Pérez, 2020)

El proceso de sujeción o unión de la balona inicia con la colocación de la balona sobre una mesa de trabajo, la cual tiene un centro giratorio que mantiene la balona por encima de la estructura, evitando así que los clavos la golpeen, la tabla 1 muestra gráficamente el proceso de clavado.

Tabla 1. *Proceso de clavado de balonas*

Proceso	Ejemplo
<p>Primero, se trazan las circunferencias de clavado para proceder a unir la primera capa de tablas de manera manual con una pistola de clavos neumática.</p>	 <p>Diagrama de una balona con marcas de clavado. Se muestran varias líneas concéntricas que indican el patrón de clavado en la superficie superior de la balona.</p>
<p>En ocasiones, y debido al mal manejo de la herramienta, los clavos pueden quedar por fuera de la superficie de la balona.</p>	 <p>Diagrama que muestra tres clavos que sobresalen por encima de la superficie superior de la balona, indicando un error en el proceso de clavado.</p>
<p>Es necesario sumir cada uno con la misma pistola neumática sin cargar clavos en ella, para que así queden debajo de la superficie de la balona.</p>	 <p>Diagrama que muestra tres clavos hundidos por debajo de la superficie superior de la balona, indicando el resultado correcto del proceso de clavado.</p>

Finalmente, se da vuelta a la balona y se procede a doblar y/o remachar los clavos con un martillo, además de asegurarse que las capas están completamente unidas y no presentan separaciones o aberturas entre tablas.



Fuente: elaboración propia, 2022

5. PROCESO DE DISEÑO DE MAQUINARIA

Norton, R. (2009) menciona que cuando se habla del diseño en la ingeniería nos podemos referir a un proceso de naturaleza iterativa encaminado a la planificación, concepción y desarrollo de sistemas con el fin de satisfacer necesidades predeterminadas, por ello se debe considerar toda relación de este con su entorno, así como de todos los elementos que estén involucrados. La aplicación de la creatividad, conocimientos técnicos, científicos y económicos para el planteamiento y desarrollo de las soluciones, teniendo presente factores específicamente hablando de diseño, dentro de los cuales podemos mencionar: economía, fiabilidad, ergonomía, productividad, flexibilidad, requerimientos energéticos, modos de operación, eficiencia, aspectos ambientales, ciclo de vida, restricciones, normas, códigos y aspectos jurídicos, comercialización y mercado, facilidad de fabricación y ensamble, función y mantenibilidad entre otros que combinados forman parte del diseño en ingeniería.

INFORME DETALLADO DE LAS ACTIVIDADES

A continuación, se presenta la estrategia metodológica propuesta como un informe detallado de las actividades para realizar el proyecto, la figura 4 presenta un diagrama con el flujo que debe seguir dividido en tres etapas principales:

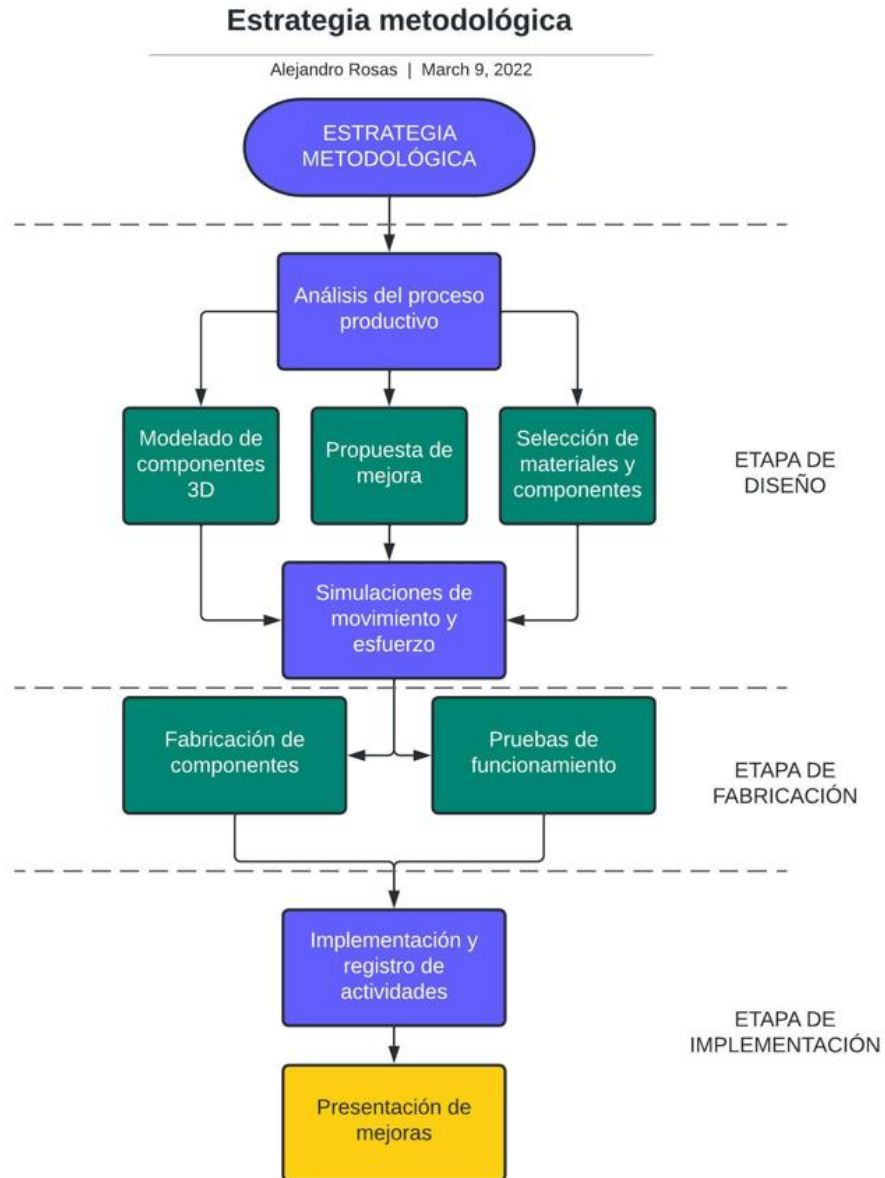


Figura 3.- Diagrama de estrategia metodológica (elaboración propia, 2022).

1. Análisis del proceso productivo

Realizar un análisis del método de trabajo actual así como el flujo del proceso, de qué manera se puede mejorar así como hacerlo más cómodo para el operador, minimizando desperdicios de materia prima e insumos, aumentando la calidad del producto terminado así como elevar la productividad de las plantillas de trabajo.

2. Propuesta de mejora

Realizar una lluvia de ideas con supervisores de producción y el departamento de mantenimiento, proponer el uso de energía neumática y el flujo de trabajo propuesto, escuchando propuestas de operadores y opiniones de que podría incluir la mejora para hacer el trabajo más eficiente.

3. Modelado de componentes 3D

Modelado de componentes en software CAD/CAM con apoyo de ingeniería mecánica para plasmar las ideas y construir un prototipo de maquinaria de acuerdo con las dimensiones en planta, limitantes de modelos de balonas, sistema de accionamiento poka-yoke y componentes que faciliten un cambio rápido de herramienta.

4. Selección de materiales y componentes

Al ir diseñando la máquina, surge la necesidad de incluir materiales y componentes de diversos proveedores, tales como rodamientos, guías lineales, carros guía, entre otros, ya sean para la estructura, o los sistemas neumáticos y mecánicos que se incluyen, para ello el contacto con los mismos y la adaptación del sistema de acuerdo con las especificaciones de cada proveedor son un proceso imprescindible.

5. Simulaciones de movimiento y esfuerzo

Realizar diversos estudios de movimiento y simulaciones de esfuerzo para los componentes que así lo requieran con el software Fusion 360, tales como cargas en el cilindro neumático, desplazamiento de carros guía, cargas en rodamientos, por mencionar algunos con la finalidad de observar y poder tomar la decisión sobre los mejores y óptimos componentes que puede incluir el sistema.

6. Fabricación de componentes

La fabricación se realiza en la misma empresa en cuestiones de ensamble de los sistemas neumáticos, soldadura de estructura, fijado de guías lineales, entre otros finalizando con la pintura y detallado en general de la máquina. Algunos componentes como platos base, flechas y conos intercambiables requieren la intervención de un centro de maquinado para piezas únicas modeladas a la medida.

7. Pruebas de funcionamiento

Posterior al ensamble y calibración de todos los componentes neumáticos y mecánicos con sus respectivas conexiones, se realizan pruebas de funcionamiento con diversos modelos de balonas con la finalidad de registrar el comportamiento del sistema y evaluar su funcionalidad.

8. Implementación y registro de actividades

Una vez demostrado que la maquina es funcional, se procede a instalarla en planta y se pone en funcionamiento, registrando el proceso de clavado con diferentes modelos de balonas y recopilando las cantidades y tiempos necesarios para evaluar la productividad, la calidad del producto y que tan cómodo y seguro es ahora el proceso para el operador.

9. Presentación de mejoras

Una vez evaluado se presentan los resultados obtenidos en el aumento de la productividad y el incremento de calidad, como cambia el proceso para el operador y que mejoras es posible implementar, analizando la información y planteando las conclusiones acerca de la factibilidad de la maquina clavadora neumática para fabricar carretes de madera.

SOLUCIÓN DESARROLLADA Y SUS ALCANCES

1 ETAPA DE DISEÑO

1.1 Análisis del proceso productivo.

Para comenzar, es necesario saber que al ser una empresa muy joven en términos de años laborando, el proceso sigue siendo “artesanal”, la mano de obra es imprescindible y por ello es necesario implementar mejoras al proceso no solo para aumentar la productividad, sino también la calidad del producto terminado, por ende, esto genera un bienestar para el operador en los procesos que pueden ocasionar un mal en su integridad.

El área que se analizó es la de balonas, en ella se encontró que el proceso de clavado requería una mejora por varios puntos importantes según su proceso convencional, primero quita mucho tiempo de operación además de ser el más tardado de todos, la figura 4 ilustra los problemas de rotura de madera y fallos en la calidad del producto, esto puede generar un riesgo a la integridad física del operador, ejemplo de ellos son las cortaduras ocasionadas por clavos mal sumidos o enterrados en alguna parte del cuerpo (ver Fig. 5)



Figura 4.- Rotura de madera (elaboración propia, 2022)



Figura 5.- Clavos salidos (elaboración propia, 2022)

1.1.1 Condiciones de diseño

La propuesta de maquinaria debe cumplir con ciertas condiciones que mejoren el proceso tradicional, atacando los puntos deficientes de calidad, productividad, seguridad e higiene, consumo de aire y clavos, estos se enlistan en la tabla 2.

Tabla 2.- Condiciones de diseño

Áreas de mejora	Proceso artesanal	Proceso con clavadora neumática
Calidad	Clavar de manera no uniforme las circunferencias.	El clavado debe ser uniforme por accionamiento estandarizado.
	Tablas rotas por muchos impactos de pistola neumática.	La madera debe terminar en mejores condiciones al clavarse en un solo accionamiento.
	Desniveles entre tablas por falta de clavado uniforme.	Las tablas tienen que quedar mejor alineadas al entrar los clavos al mismo tiempo de forma repartida en la superficie de la balona.
	Golpes de martillos en la superficie para nivelar las tablas.	Se debe eliminar el proceso de nivelado de tablas.
Productividad	Cantidades inferiores a las solicitadas por reparaciones de material de poca calidad.	Debe presentarse un aumento de producto terminado al disminuir tiempos y retrasos en el proceso de clavado.
	Retrasos y cuellos de botella por reparación de producto en proceso.	La salida al siguiente proceso tiene que ser de una manera más rápida al eliminar las reparaciones.
	Baja productividad en modelos de tamaño medio y bajo stock de producto terminado.	El stock se debe incrementar con cantidad suficiente para el abasto al cliente sin demoras.
	Recortes de premios de productividad.	Se busca proporcionar un aumento en remuneración por productividad.
Seguridad e higiene	Área desordena por desorganización y falta de estandarización en el proceso.	Designar una única área donde se colocará la máquina y se realizarán operaciones.
	Clavos enterrados en partes del cuerpo y cortaduras por mal uso de pistolas neumáticas.	Las pistolas neumáticas deben quedar dentro de la máquina evitando el contacto con manos y pies además del uso indebido por los operadores.

	Lesiones de espalda y machucones en dedos o pies por el levantamiento manual de las balonas a clavar.	La conexión directa del proceso anterior mediante cadenas de rodillos, además del método de elevación propuesto, deben eliminar que el operador levante los discos de madera más pesados.
	Trabajo pesado y que al hacerlo mucho tiempo puede generar distracciones o accidentes por fatiga.	Se espera que el proceso sea más amigable para el operador y que requiera un menor esfuerzo, ocasionando que se pueda enfatizar en temas de calidad y seguridad.
Consumo	Consumo elevado de aire al realizar primero un proceso de clavado y luego un sumido de clavos, de igual forma por rotura accidental de mangueras ocasionando fugas.	El consumo de aire debe ser uniforme al clavar en un solo movimiento, eliminando mangueras y pistolas neumáticas al alcance del operador.
	Uso excesivo o precario de clavos al no tener un estándar por modelo de balona, pequeñas cantidades sobrantes y desperdicio en clavos mal sumidos y por fuera de la circunferencia.	El clavo usado se debe estandarizar con cantidades lo más exactas posible por modelo de balona, descargando las pistolas al mismo tiempo.
	Uso de tablas, clavo y resistol extra para reparaciones de material dañado.	Se pretende eliminar las reparaciones y uso de materia prima extra que genera costos adicionales de mano de obra.

Fuente: elaboración propia, 2022

1.2 Propuesta de maquinaria.

La propuesta involucra la mejora a un sistema previamente fabricado para clavar balonas de madera de tamaño pequeño, en esta, se utiliza una pistola de clavos neumática para unir las tablas, después se deben doblar los clavos que salen por el otro lado, en caso de balonas más gruesas se necesita clavar por ambos lados.

Dicha clavadora presenta un sistema sencillo en el cual la balona de madera previamente maquinada y redondeada se coloca sobre un plato giratorio dentro de

la máquina y se empuja por un riel hasta llegar a un tope que esta alineado a la mitad de la estructura, en ella, esta sostenida una estructura en la cual hay tres pistolas para clavos neumáticas alineadas según las circunferencias de clavado, y esta estructura está sujeta a un travesaño con resortes, los cuales al bajar la estructura accionan las pistolas sobre la superficie mientras la balona se gira manualmente y se clava de manera uniforme, se puede interpretar como las condiciones iniciales a partir de la cual se comienza el proceso de mejora (Ver Fig. 6).



Figura 6.- *Clavadora neumática para balonas pequeñas (elaboración propia, 2022)*

Originalmente hay un precedente de fabricación para una clavadora de tamaño mediano, quedando el proyecto desechado por falta de propuestas y mejoras al sistema ya existente, esta antigua propuesta presenta deficiencias en el sistema de accionamiento, sin embargo con el correcto seguimiento se decide usarla como base para comenzar a construir la idea de funcionamiento, adaptándola a las necesidades y deficiencias que se están atacando. La figura 7 muestra el prototipo original de la maquina clavadora neumática de tamaño mediano que se descartó.



Figura 7.- Estructura del prototipo inicial (elaboración propia, 2021).

Las tablas deben estar unidas en traslape para formar un cuadro de madera y posteriormente una balona de madera, para ello se deben realizar de 2 hasta 4 circunferencias de clavado en cada cara con el fin de unir las bien y darle una superficie uniforme en los casos que las tablas no vengán totalmente planas. Estos pasos conforman un solo proceso, sin embargo, demoran mucho tiempo ya que son actividades manuales, son pesadas y hasta peligrosas, debido a ello y en base al análisis realizado se propone lo siguiente; recrear el mismo sistema ampliando las dimensiones de la maquinaria e implementando actuadores neumáticos que faciliten su operación, dando como resultado un ciclo de trabajo para la nueva clavadora neumática, este ciclo se presenta en el siguiente diagrama de procesos operativos (ver Fig. 8).

Diagrama de procesos operativos Maquinaria: Clavadora Neumática. Metodo Propuesto

Alejandro Rosas | February 9, 2022

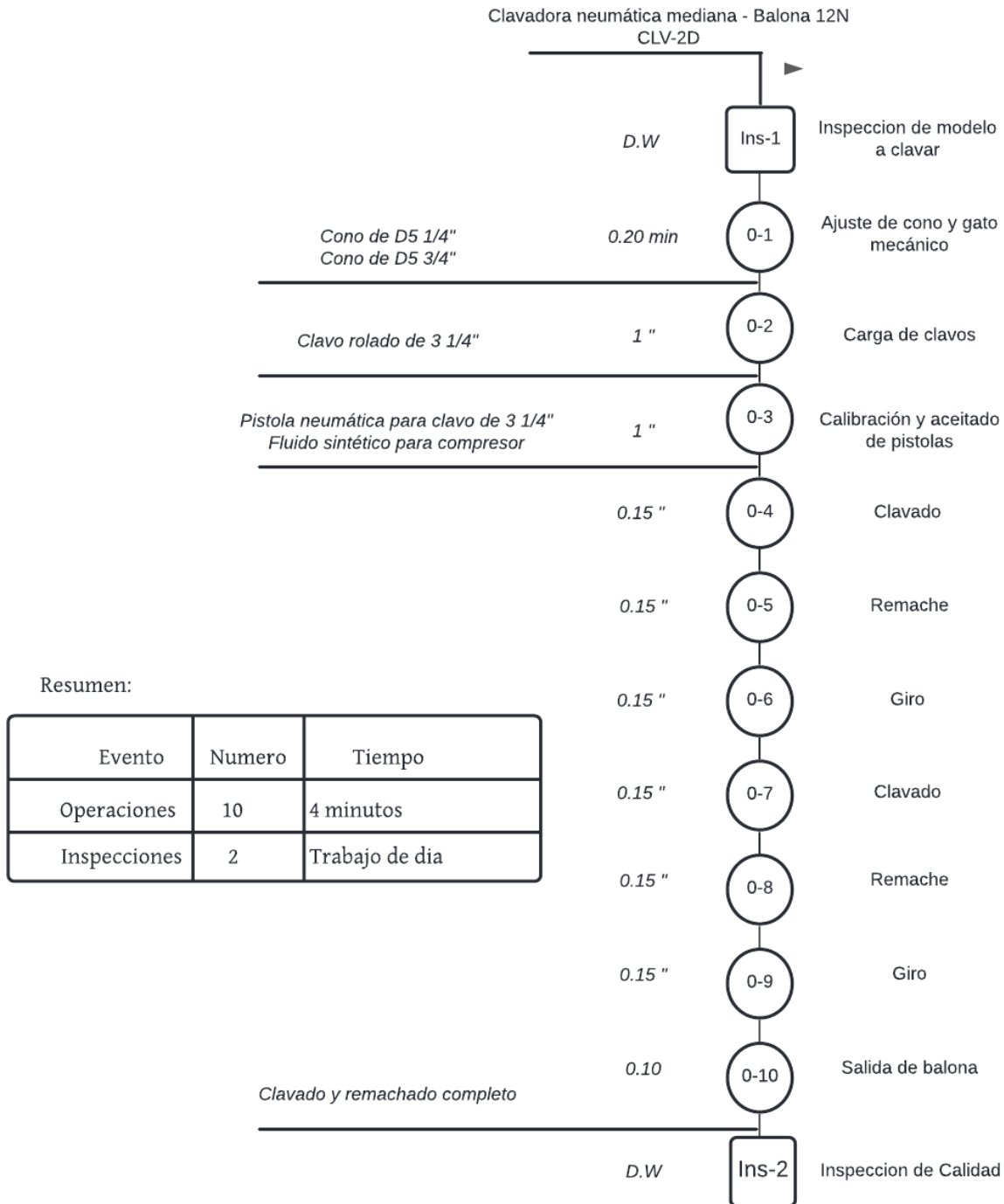


Figura 8. - Diagrama de proceso operativos-Clavadora neumática

(elaboración propia, 2022).

La propuesta presenta una maquina neumática con tres pistolas de clavos que están unidas a un soporte que, al accionarlo, baja y clava en tres puntos distintos, así, al girarla e ir accionándola con un ritmo constante, la balona termina con las tres circunferencias clavadas en su superficie, pero al mismo tiempo que gira, remacha los clavos salidos dando como resultado una balona clavada, uniforme y remachada lista para el siguiente proceso.

Dicha propuesta implementa componentes neumáticos y mecánicos, el ciclo está pensado para poder automatizarse a futuro una vez la máquina cumpla con el propósito por el cual fue diseñada. Así, se obtendría un producto listo para pasar al siguiente proceso, ahorrándose el clavado con una sola pistola, la demora de clavar cada circunferencia una por una y que lleguen a quedar no uniformes, cabe mencionar que el proceso de remachado pasa a ser una mejora a futuro a consideración de que el sistema de aprisionamiento y clavado resulten funcionales en la primera etapa de fabricación.

1.3 Estructura

El diseño de los componentes así como su modelado en 3D se comienza a realizar a partir de la estructura de la máquina, esta debe ser capaz de soportar el peso no solo de las balonas, sino también de todos los componentes que conforman el sistema. Esta estructura ya se encontraba en la planta, sin embargo debía adaptarse con la finalidad de cumplir con la función planeada.

Las bases se modelan con la especificación del acero PTR de 3 ½" y Canal C.P.S de 6", respetando las tolerancias del área de trabajo y el área disponible para instalación en planta, se realiza el modelado de acuerdo con el sistema original de la clavadora neumática, añadiendo más componentes a la estructura con la finalidad de ensamblar a la perfección las partes neumáticas y mecánicas (ver Fig.9).

Derimap, S.A de C.V.

DOCUMENTO: ESPECIFICACION CLAVADORA NEUMÁTICA
Sustituye: Version 0

Version No.:1
20-Febrero-22

Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

CLAVADORA NEUMATICA - ESTRUCTURA

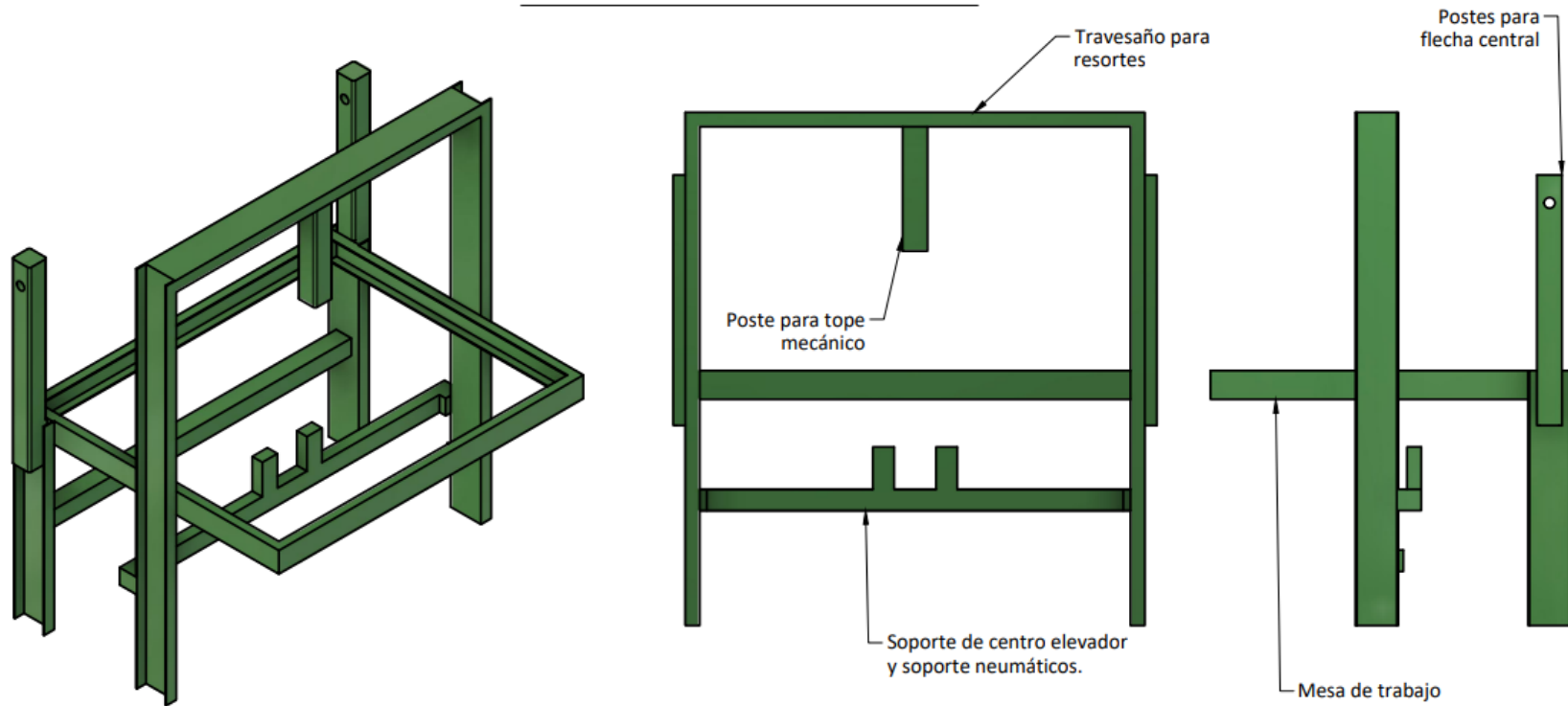


Figura 9.- Modelado de estructura (elaboración propia, 2022).

1.4 Centro elevador

El segundo componente por modelar es el centro elevador, principal mejora propuesta para centrar a la perfección el material de trabajo, así como elevarlo a una altura en la que al momento de clavar, no dañe las ruedas por las que se transportan las balonas, está pensado para adaptarse a varios procesos no solo para la clavadora neumática.

1.4.1 Circuito neumático

La fuente de alimentación principal en la empresa es neumática, es decir, dos compresores distribuyen el aire a través de la nave industrial, por lo cual es necesario realizar un sencillo pero funcional diagrama de alimentación neumática para el centro elevador propuesto utilizando el software Fluid Sim de Festo (ver Fig. 10).

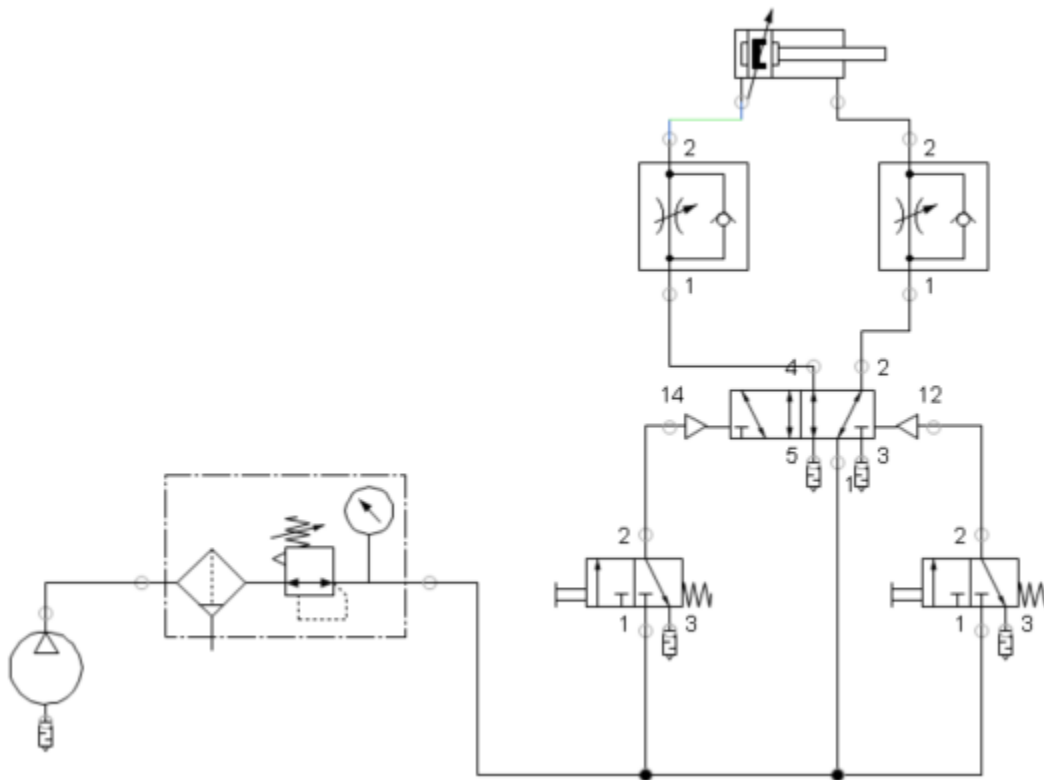


Figura 10.- Diagrama neumático - Centro elevador
(elaboración propia, 2022)

El diagrama propuesto, alimenta un cilindro neumático de doble efecto mediante el accionamiento de un par de válvulas mecánicas, como se muestra en el diagrama, tiene sus respectivos reguladores de caudal antirretorno y una válvula de impulso neumático - direccional quíntuple de dos vías, misma que administra el aire que llega al actuador para que así cumpla con la función que se requiere.

La figura 11, presenta la simulación del accionamiento del actuador, al presionar la válvula mecánica, permite el paso del aire accionando el vástago, lo que ocasiona el levantamiento del componente, y viceversa.

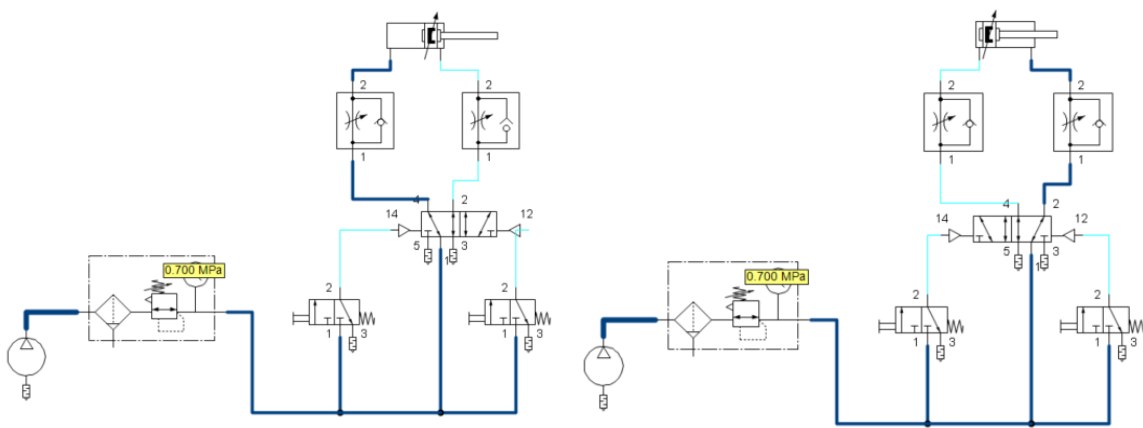











Figura 11.- Simulación diagrama neumático - Centro elevator
(elaboración propia, 2022)

El actuador neumático se elige en base al desplazamiento que se desea obtener, así como al peso en conjunto que se va a levantar, el proveedor SMC ofrece una amplia gama de actuadores y componentes que facilitan el ensamble de dichos circuitos neumáticos. La tabla 3 detalla los componentes propuestos para la conexión del sistema neumático, dichos componentes se seleccionan con asesoría del proveedor:

Tabla 3.- Componentes neumáticos para circuito propuesto

Componente	Características	Ilustración
Cilindro neumático	Perfil cuadrado Carrera: 100mm Diámetro: 80mm Diámetro del vástago: 25 mm Caudal: 0.0020092 m3/min	
Regulador de caudal	Diámetro de conexión: 1/4" Antirretorno	
Válvula de pilotaje neumática	Quintuple de dos vías Diámetro de conexión: 1/4"	
Válvula de activación mecánica	Diámetro de conexión: 1/4"	
Silenciador	Diámetro de conexión: 1/4"	
Unidad de mantenimiento	Diámetro de conexión: 1/4" Con manómetro	
Fijación para cilindro	Forma: L	

Manguera de poliuretano	Diámetro de conexión: 10mm Longitud: 20 mts	
Manguera de poliuretano	Diámetro de conexión: 6 mm Longitud: 10 mts	
Conexión tipo T	Diámetro de conexión: 10 mm	
Conexión codo	Diámetro de conexión: 10 mm	
Conexión codo	Diámetro de conexión: 6 mm	
Conexión codo AS	Diámetro de conexión: 6 mm	

Fuente: SMC CORPORATION MEXICO (<https://smc.com.mx/>) Elaboración propia, 2022

El sistema es alimentado a través de su unidad de mantenimiento (FRL) que a la vez recibe el aire comprimido de dos compresores conectados para alimentar las tuberías dentro de la nave industrial. Para que el diseño del circuito neumático sea el adecuado es necesario realizar los cálculos correspondientes para determinar el consumo de herramientas y máquinas utilizadas, así, con los datos obtenidos se

podrá determinar la demanda de aire comprimido. La figura 12 ilustra el tipo de compresor que actualmente opera en esta área, y su estado actual presenta las siguientes características:

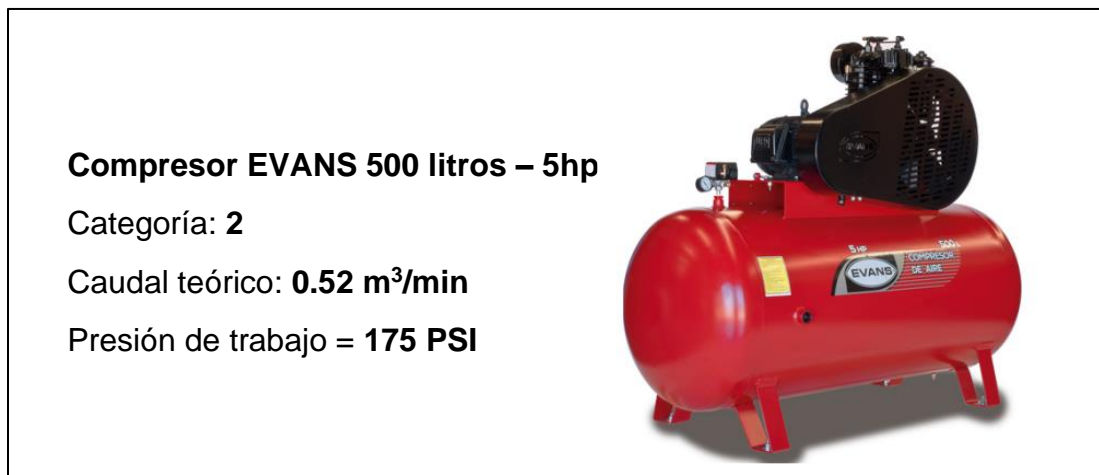


Figura 12.- Compresor EVANS 5hp

Fuente: Evans. Ficha técnica Compresor de aire lubricado 2 etapas 5 HP, p.1-2

La herramienta neumática utilizada comúnmente en la empresa para clavar las balonas corresponde a una pistola neumática de rollo, con capacidad de clavos con una longitud de hasta 3 ¼". Las características de consumo de esta herramienta se presentan a continuación en la figura 13:



Figura 13.- Clavadora neumática BOSTITCH

Fuente: Bostitch. Especificaciones técnicas (<https://www.grainger.com.mx/>)

Se ha establecido una relación entre compresores y máquinas/herramientas que permite tener una mejor comprensión de cómo opera la empresa en la actualidad y la forma en la que se está suministrando aire comprimido, para ello, la tabla 4 presenta las especificaciones de consumo de aire para cada componente a operar en la máquina propuesta de acuerdo con los detalles técnicos:

Tabla 4. Consumo individual de aire

Componente	Consumo m ³ /min
Cilindro neumático 1	0.0020092
Pistola neumática 1	0.22
Pistola neumática 2	0.22
Pistola neumática 3	0.22

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Toda esta información sirve para conocer el caudal necesario de aire comprimido para alimentar al sistema [QS], será la suma del caudal total consumido por el cilindro [QC], y las pistolas neumáticas [QP].

La suma de todos los caudales se puede obtener con la expresión 1:

$$Q_S = Q_C + Q_P \quad (1)$$

Donde:

Q_S = es el caudal total que consume el sistema

Q_C = 0.0020092 m³/min

Q_P = 0.66 m³/min

Por lo tanto, la suma de caudales es la siguiente:

$$Q_S = 0.0020092 \text{ m}^3/\text{min} + 0.66 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_S = 0.6620092 \text{ m}^3/\text{min}$$

A este resultado se le puede adicionar un porcentaje del 5 % por posibles fugas, ya sea por retrasos en operaciones de mantenimiento o avería de mangueras por parte

de los operadores, además también se añadirá un 15 % para futuras ampliaciones, para ello se utiliza la expresión 2:

$$Q_{ST} = Q_s * [1 + (\%perdidas \text{ por fugas} + \%futuras \text{ ampliaciones})] \quad (2)$$

Por lo tanto, el cálculo del caudal total sería el siguiente:

$$Q_{ST} = 0.6620092 \text{ m}^3/\text{min} * [1 + (0.05 + 0.15)]$$

$$Q_{ST} = 0.6620092 \text{ m}^3/\text{min} * 1.20$$

$$Q_{ST} = 0.79441104 = \mathbf{0.80 \text{ m}^3/\text{min}}$$

Con base a esto, para determinar si el compresor cumplirá con la demanda de aire comprimido para abastecer el sistema, se hace uso de la expresión 3:

$$R = Q_c - Q_s \quad (3)$$

Donde:

R= requerimiento de consumo

Q_c = caudal entregado por los compresores

Q_s = caudal utilizado por el sistema

Para los dos compresores Evans de 5HP:

$$R = (0.52 \text{ m}^3/\text{min} + 0.52 \text{ m}^3/\text{min}) - 0.80 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$R = \mathbf{0.24 \text{ m}^3/\text{min}}$$

Este resultado indica que el compresor cumple con la demanda solicitada por el sistema, dejando bastante capacidad para abastecer algún otro componente neumático independiente que llegue a ser necesario en algún otro proceso. Es muy importante determinar la presión de trabajo del sistema, por ello se debe considerar la presión de cada componente, esto con la finalidad de identificar la presión ideal de operación que pueda garantizar un correcto funcionamiento del todo el circuito neumático (ver Tabla 5).

Tabla 5.- Presiones de trabajo por componente

Componente	Presiones			
	Mínima		Máxima	
	bar	psi	bar	psi
Cilindro neumático 1	5	73	10	145
Pistola neumática 1	4.80	70	8.30	120
Pistola neumática 2	4.80	70	8.30	120
Pistola neumática 3	4.80	70	8.30	120


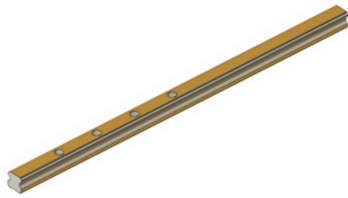
Fuente: *Elaboración propia, 2022*

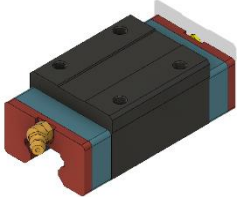



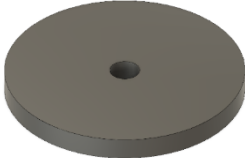
Con base a todos los datos presentados se puede determinar que la presión de operación del compresor que es de 12 bar (175 psi), la cual se puede regular a 7 u 8 bar logrando que los componentes trabajen sin ningún problema puede brindar una correcta operación para todos los elementos que incluye el sistema.

1.4.2 Modelado 3D de componentes

Utilizando el software Fusion 360, se procede a modelar los componentes del sistema propuesto, un trabajo en conjunto con el gerente de la planta. La tabla 6 muestra los componentes por modelar o ensamblar, los cuales son:

Tabla 6.- Componentes modelados

Componente	Modelo 3D
<p>A. Placa base: Es la base para el sistema, modelada con especificación de placa de acero de media pulgada de espesor, sobre ella se fijan las guías lineales y todos los demás componentes.</p>	
<p>B. Guías lineales: Fungen como soporte y proporcionan la movilidad del sistema, estos modelos 3D se adquirieron directamente del proveedor, con la finalidad de conocer sus especificaciones y como adaptarlas a la máquina.</p>	

<p>C. Carros guía: También adquiridos del proveedor, proporcionan la movilidad al sistema, pueden soportar cargas muy elevadas y tiene fácil acceso para lubricación.</p>	
<p>D. Base elevadora: Es un arreglo de placa de acero de espesor de un cuarto de pulgada, está sujeto a los carros guía y en él se encuentra montada la flecha central, es impulsado por el actuador neumático y sirve también como soporte para el motor a pasos.</p>	
<p>E. Flecha central: Brinda el soporte principal al eje que levanta la balona, sobre esta se sostiene el plato de carga y el cono intercambiable, cuenta con un sistema de cuñero y opresor para asegurar internamente el cono al colocarlo y así no llegue a salir de su posición, este mismo arreglo se encuentra en el extremo inferior, para insertar la polea dentada que le dará transmisión.</p>	
<p>F. Conos intercambiables: Su función es permitir que al momento de ingresar la balona a la máquina, esta quede alineada con el barreno central, permitiendo ajustarse automáticamente por la forma de cono, se diseñaron dos modelos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cono normal: Con un diámetro de 5.75 pulgadas, y una altura aproximada de 2.5 pulgadas, para balonas de 3 pulgadas de espesor. • Cono reforzado: Con un diámetro de 5.25 pulgadas y una altura de 3.5 pulgadas, para balonas de 4 pulgadas de espesor. 	
<p>G. Plato de carga: Sobre él se sostiene el cono, así como da soporte a la balona y le permite no moverse ni ladearse.</p>	

<p>H. Rodamiento de carcasa UCP: El modelo de este componente es proporcionado por el proveedor, este mantiene sujeta la flecha verticalmente en la base elevadora, además de posibilitar su giro, se elige ya que es más fácil adaptarla según la posición vertical.</p>	
<p>I. Rodamiento cónico: Le brinda apoyo a la flecha y en conjunto con el rodamiento en la chumacera, le proporcionan el giro, se encuentra insertado en la base elevadora y su modelo 3D es proporcionado por el proveedor.</p>	
<p>J. Motor a pasos: El motor a pasos es una propuesta para el plan a futuro de mejor continua, este a través de una transmisión por poleas dentadas le brinda el giro a la flecha central, misma que hace girar toda la balona al momento de clavar.</p>	
<p>K. Polea dentada: Le da transmisión a la flecha central mediante una banda y el motor a pasos, por su diseño es posible realizar un maquinado en ella y así darle la especificación de la flecha a insertar, con el cuñero que se tiene diseñado.</p>	
<p>L. Cilindro neumático: Es el principal actuador y el que le proporciona el desplazamiento al sistema, se consulta al proveedor en base al desplazamiento requerido y proporciona el modelo 3D, mismo que se ensambla con los demás componentes.</p>	

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Los modelos de carros guías, guías lineales, rodamientos y chumaceras son estándares de acuerdo con el catálogo del proveedor, al igual que el cilindro neumático, los demás componentes requieren ser maquinados debido a sus especificaciones únicas para el proceso, el ensamble del sistema se realiza y es presentado en la figura 14.

DOCUMENTO: ESPECIFICACIÓN CLAVADORA NEUMÁTICA
Sustituye: Version 1

Version No.:0
24-Febrero-22

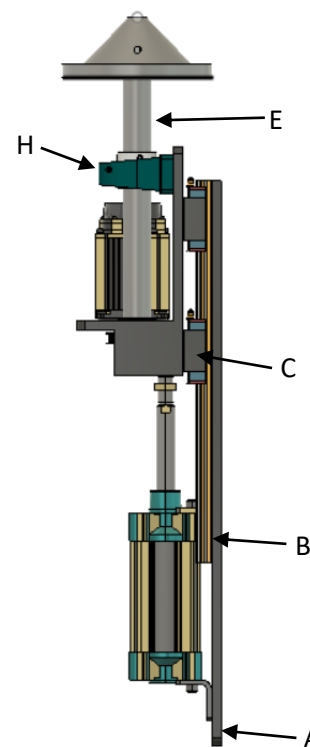
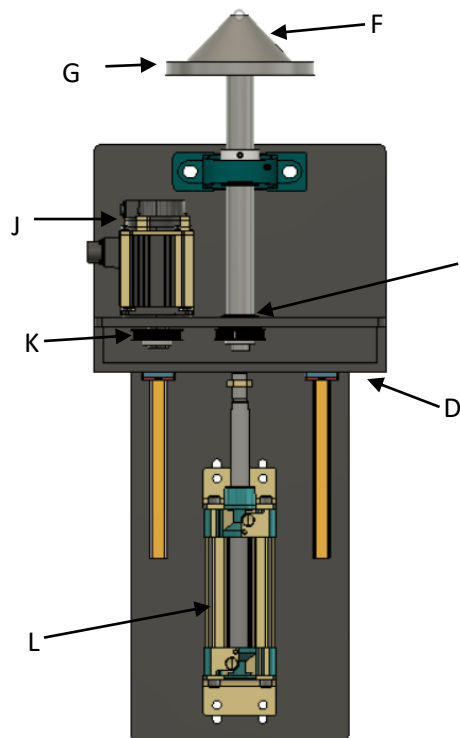
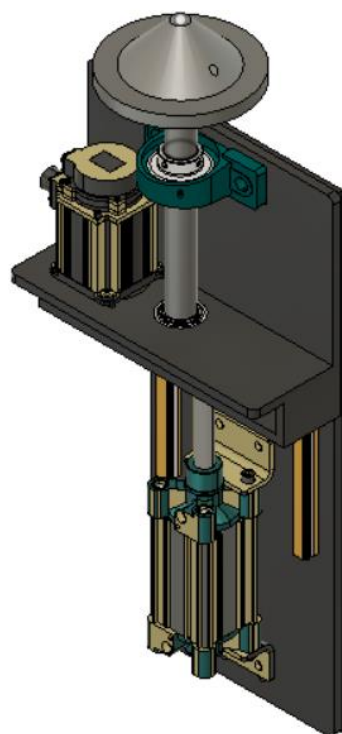
Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

CENTRO ELEVADOR



DESCRIPCION	
A	Placa base
B	Guías lineales
C	Carros guía
D	Base elevadora
E	Flecha central
F	Cono intercambiable
G	Plato de carga
H	Chumacera de piso
I	Rodamiento cónico
J	Motor a pasos
K	Polea dentada
L	Cilindro neumático

Figura 14.- Ensamble - Centro elevador (elaboración propia, 2022).

1.4.3 Estudio de movimiento

El siguiente paso en el diseño del centro elevador es la simulación de movimientos, esta se realiza en el mismo módulo de diseño de Fusion 360, presentando una trayectoria de desplazamiento lineal, esta se logra gracias al actuador neumático que al accionarse, desplaza la base elevadora gracias a los carros guía (ver Fig. 15)

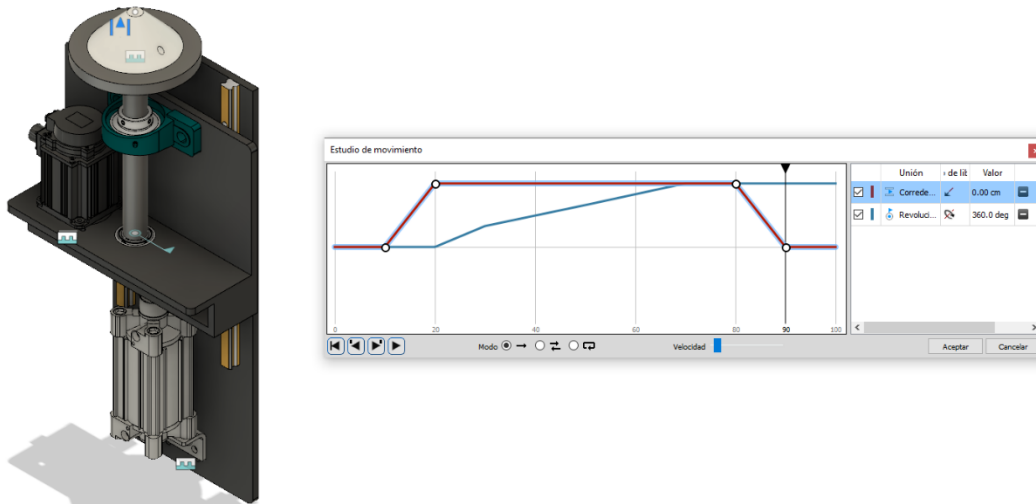


Figura 15.- Posición inicial – Estudio de movimiento para centro elevador (elaboración propia, 2022).

El sistema se desplaza únicamente 10 cm de su posición inicial, espacio más que suficiente para librar los clavos y no golpear la estructura, esta misma distancia se mantiene en la alineación de las guías lineales y los carros guía (ver Fig. 16).

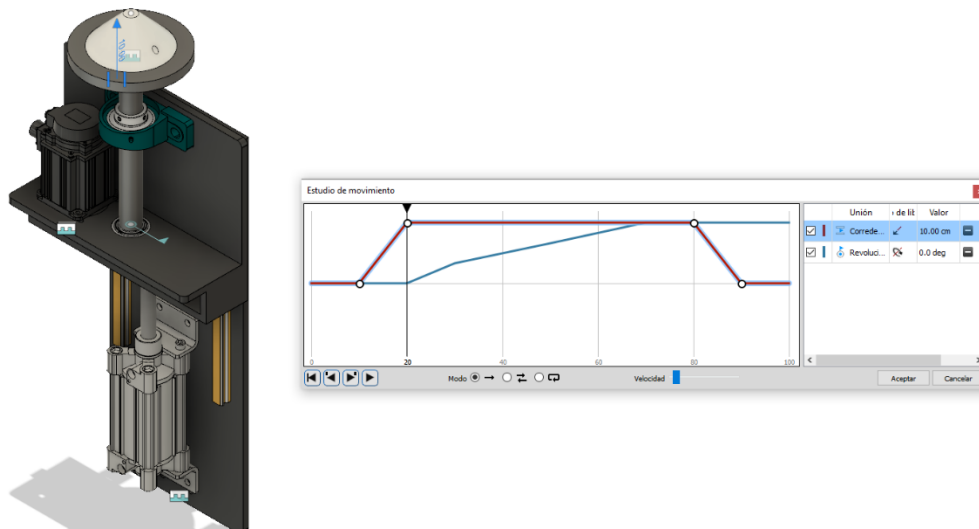


Figura 16.- Desplazamiento – Estudio de movimiento para centro elevador (elaboración propia, 2022).

El sistema, como se menciona anteriormente, debe tener un giro a treves de su eje central, este por el momento se dará gracias al rodamiento cónico y al rodamiento de carcasa (ver Fig. 17).

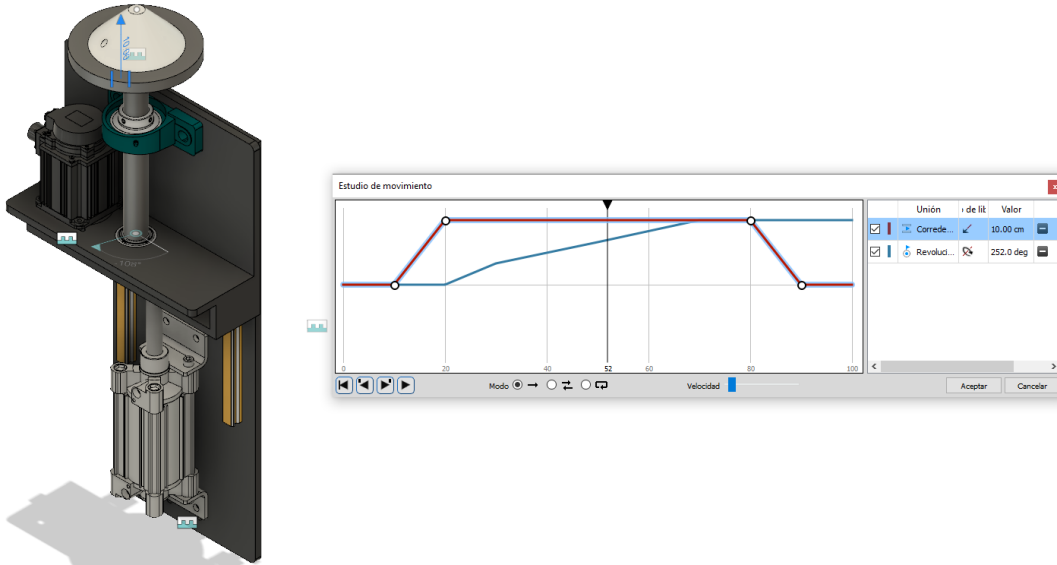


Figura 17.- Giro – Estudio de movimiento para centro elevador (elaboración propia, 2022).

1.4.4 Simulación de esfuerzos

Para reforzar el diseño, y comprobar que los principales componentes que ejercen actividad en el sistema funcionaran de manera adecuada, se realiza una simulación de esfuerzos aplicando cargas en el actuador neumático, en contra del peso aplicado por los demás componentes incluyendo el modelo de balona más pesada que puede clavarse en la máquina, estas cargas se presentan en la tabla 7:

Tabla 7.- Cargas por componente

Componente	Carga
Sistema elevador	Ejerce una fuerza teórica en base al peso de todos los componentes de aproximadamente 20 Kg y está en función de la gravedad
Balona 12REF	Ejerce una fuerza teórica en base al peso de 71.97 Kg y está en función de la gravedad
Cilindro neumático 1	Ejerce una fuerza teórica de entrada de 3175 N a 7 bar

Carros Guía	Tiene una capacidad de carga dinámica de 21400 N y una capacidad de carga estática de 40000 N.
Rodamiento cónico	Tiene una capacidad de carga dinámica de 47000 N y una capacidad de carga estática de 45500 N.

Fuente: Norelem (<https://www.norelem.mx/mx/es/Inicio.html>), SMC (<https://smc.com.mx/productos-smc/>). Elaboración propia, 2022

Para obtener la fuerza en Newtons ejercida por el sistema elevador, la balona y las pistolas neumáticas se utiliza la expresión 4:

$$\mathbf{N = m * g} \quad (4)$$

Donde:

N = Fuerza en Newtons

m = masa del objeto

g = gravedad

Por lo tanto:

La fuerza ejercida por el peso del sistema elevador:

$$F_s = 20 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{196.2 \text{ N}}$$

La fuerza ejercida por el peso de la balona de madera:

$$F_B = 71.97 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{705.8 \text{ N}}$$

La fuerza ejercida al accionar el cilindro neumático:

$$F_C = \mathbf{3175N}$$

La carga soportada por rodamiento cónico de acuerdo con las especificaciones del proveedor:

$$F_{RC} = \mathbf{47000N}$$

Carga soportada por carros guía de acuerdo con las especificaciones del proveedor:

$$F_{CG} = \mathbf{21400N}$$

Una vez definidas las cargas involucradas en el funcionamiento del sistema, se procede a simplificar el mismo y a seleccionar los materiales de cada componente, acero comercial en la mayoría de los casos, para así poder realizar la simulación en el software Fusion 360, en la figura 18 se muestran las cargas y restricciones aplicadas en el sistema así como la malla:

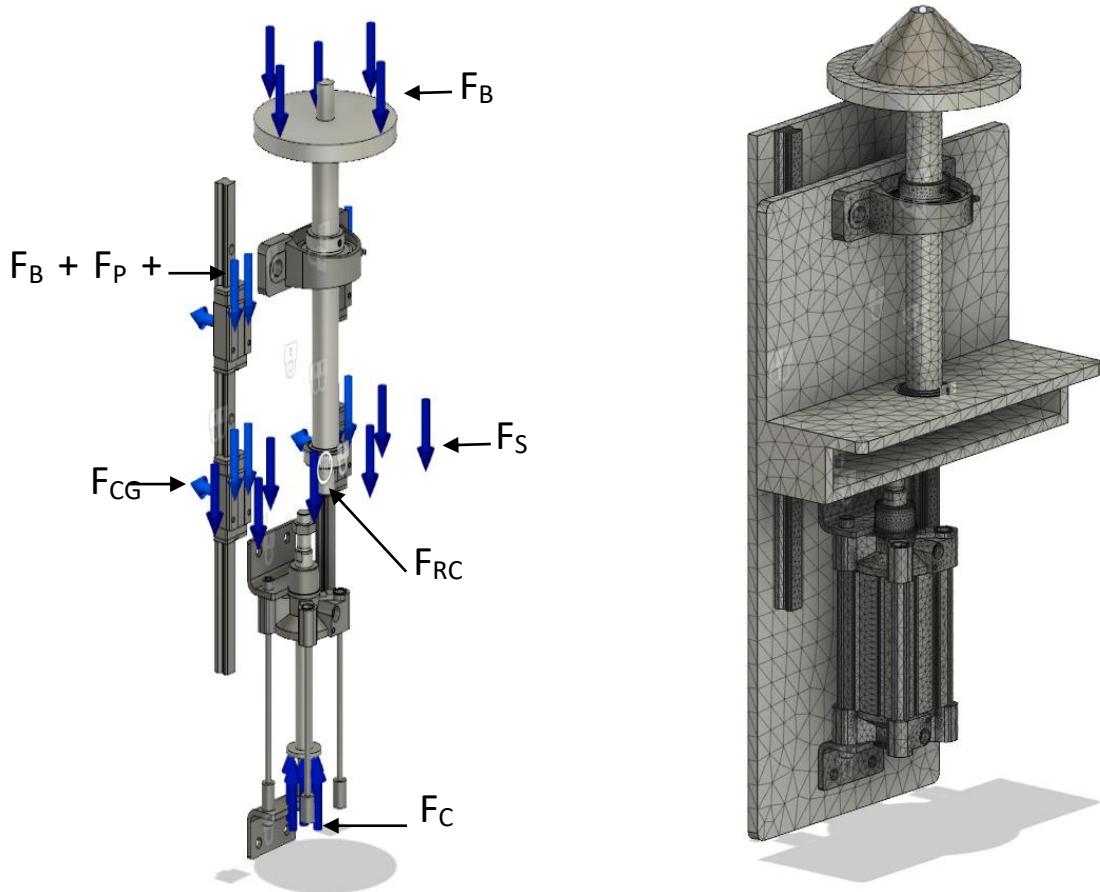
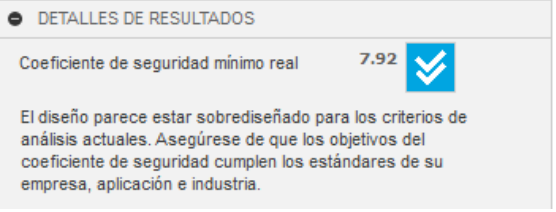
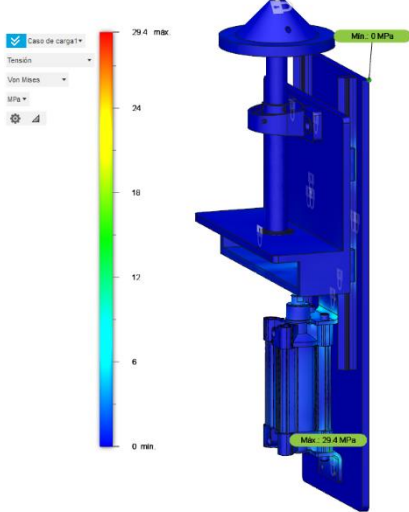
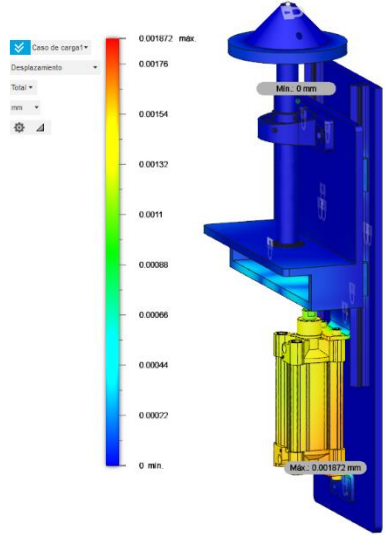


Figura 18.- Cargas involucradas en el sistema y generación de malla

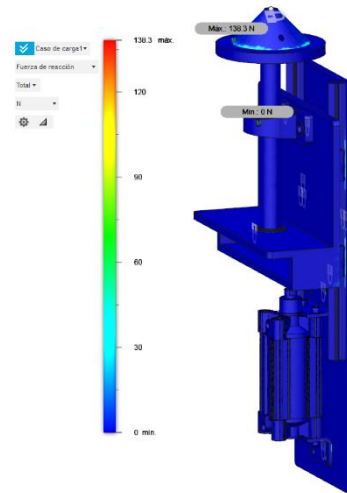
(elaboración propia, 2022).

Después de establecer estos parámetros, se procede a resolver el estudio y en la tabla 8 se presentan los resultados para cada uno, arrojando los siguientes resultados:

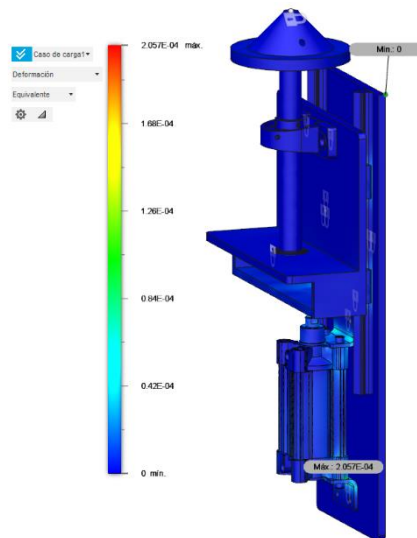
Tabla 8.- Simulación y presentación de resultados

Estudio	Evidencia
<p>A. Coeficiente de seguridad: la simulación del sistema presenta un coeficiente de seguridad que para el software esta sobre diseñado, es decir, cumple con lo requerido e incluso más, siendo ideal para los futuros procesos de mejora con modelos de balona de dimensiones mayores.</p>	 <p>DETALLES DE RESULTADOS</p> <p>Coeficiente de seguridad mínimo real 7.92 ✓</p> <p>El diseño parece estar sobrediseñado para los criterios de análisis actuales. Asegúrese de que los objetivos del coeficiente de seguridad cumplen los estándares de su empresa, aplicación e industria.</p>
<p>B. Tensión: el estudio de tensión arroja los siguientes resultados, mostrando la mínima presencia en las uniones del cilindro neumático así como en el extremo superior del vástago, igualmente se presenta en los carros guía.</p>	 <p>29.4 mPa</p> <p>0 mPa</p> <p>Mín. 0 MPa</p> <p>Máx. 29.4 MPa</p>
<p>C. Desplazamiento: la simulación arroja el resultado del desplazamiento de los carros guía, lo cual aunque mínimo, está presente, de forma contraria al actuador neumático, este presenta el mayor desplazamiento debido a que es la principal fuente de movimiento</p>	 <p>0.001872 mpa</p> <p>0 mpa</p> <p>Mín. 0 mm</p> <p>Máx. 0.001872 mm</p>

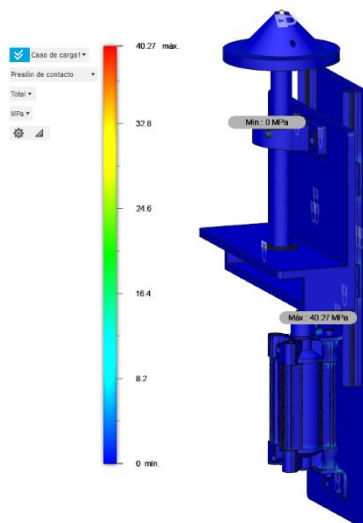
D. Fuerza de reacción: los resultados obtenidos arrojan una fuerza de reacción mayor en la unión de las guías lineales con la placa base, así como la carga sobre el cono y el plato que sostienen la balona.



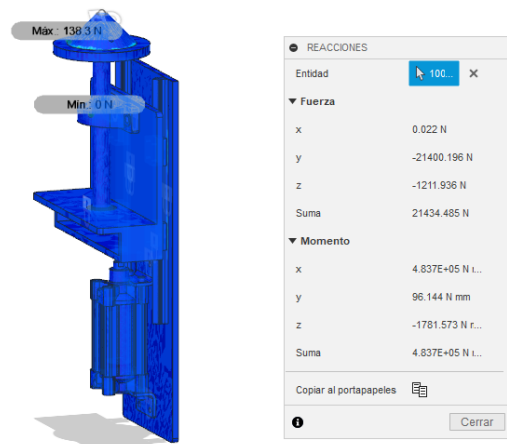
E. Deformación: la simulación presenta una pequeña cantidad de deformación en el soporte del actuador neumático, así como en la unión entre carros guía y guías líneas, sin que llegue a ser grave.



F. Presión de contacto: este estudio arroja más presión en algunas zonas del soporte del cilindro neumático, además en la unión de los carros guía con las guías lineales.



G. Reacciones: la siguiente tabla muestra las reacciones presentes en el sistema



Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Con todo lo presentado anteriormente, se puede concluir que el sistema cumple con las necesidades para la cuales se diseñó, de manera sobrada presenta un comportamiento simulado ideal, que empíricamente por la experiencia del ingeniero mecánico que colaboró en el diseño tendría que ser funcional y así incluso poder con estas características ser implementado en sistemas más grandes.

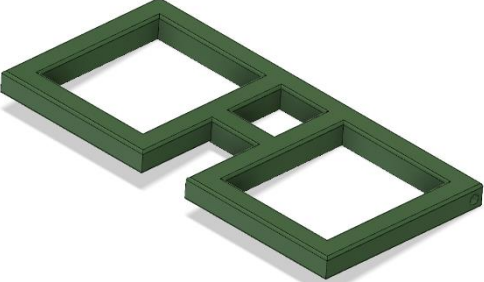
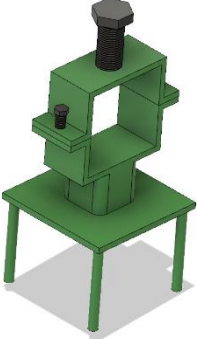
1.5 Base para pistolas

El siguiente componente por modelar es la base donde se encuentran montadas las pistolas neumáticas, esta estructura tiene una modificación que le permite dar paso al poste colocado en la parte superior de la estructura donde se encuentra el tope mecánico. El marco o base de las pistolas se encuentra sujeto al travesaño superior mediante resortes, en la parte trasera se encuentra sostenida por una flecha que atraviesa la estructura de lado a lado.

1.5.1 Modelado 3D de componentes

Utilizando el software Fusion 360, se procede a modelar los componentes del dispositivo propuesto, un trabajo en conjunto con el gerente de la planta. La tabla 9 muestra los componentes por modelar o ensamblar, los cuales son:

Tabla 9.- Componentes modelados

Componente	Modelo 3D
<p>A. Marco base: Es la base para el sistema, modelada con especificación de PTR de acero con dimensiones de 3 ½", sobre ella se fijan los soportes individuales de cada pistola neumática.</p>	
<p>B. Soportes para pistolas: Con estos componentes es posible fijar las pistolas en posición de clavado, sujetas al marco base pueden ser ajustadas horizontalmente según el tamaño de la balona a clavar.</p>	

<p>C. Pistolas neumáticas: Son el principal actuador en el dispositivo, brindan el clavado y son ajustables a diferentes medidas de clavos.</p>	
<p>D. Flecha de giro: modelada de acuerdo con las dimensiones de la estructura, proporciona el giro al marco base y es sostenido a cada extremo por dos rodamientos de carcasa UCFL</p>	
<p>E. Rodamiento de carcasa UCFL: Brinda el soporte principal a la flecha y le proporciona el giro, el modelo 3D es proporcionado por el proveedor así como sus características generales.</p>	

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Los modelos 3D de las pistolas neumáticas y los rodamientos son adquiridos desde la página web de los proveedores, la figura 19 presenta el ensamble de los componentes modelados.

DOCUMENTO: ESPECIFICACION CLAVADORA NEUMÁTICA
 Sustituye: Version 0

Version No.:1
 20-Febrero-22

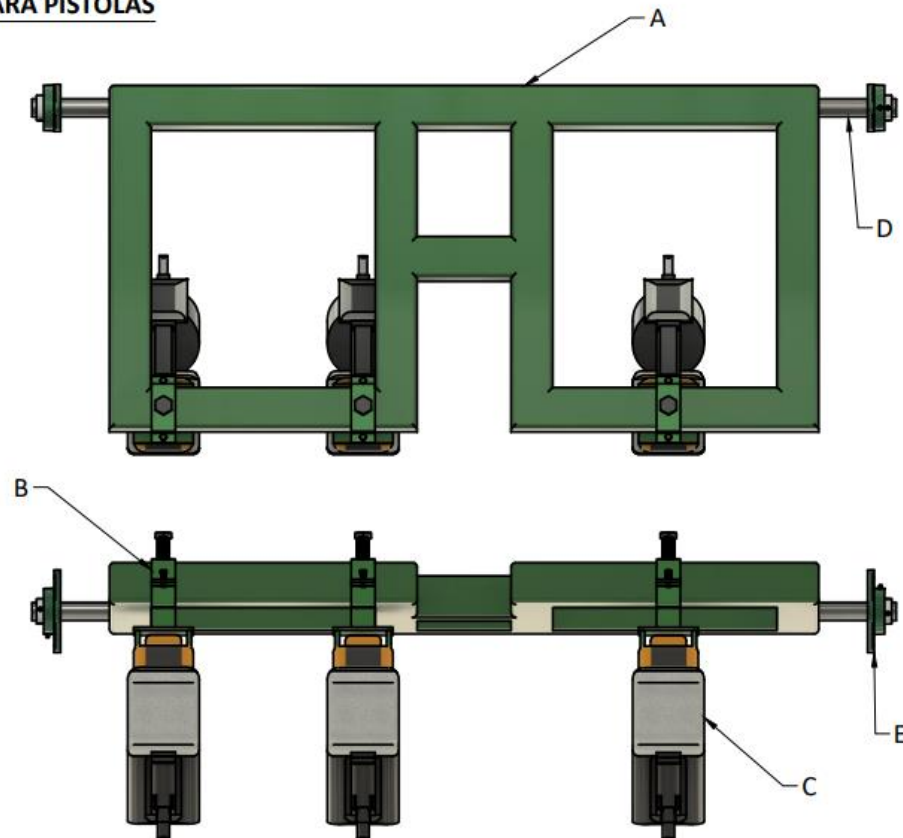
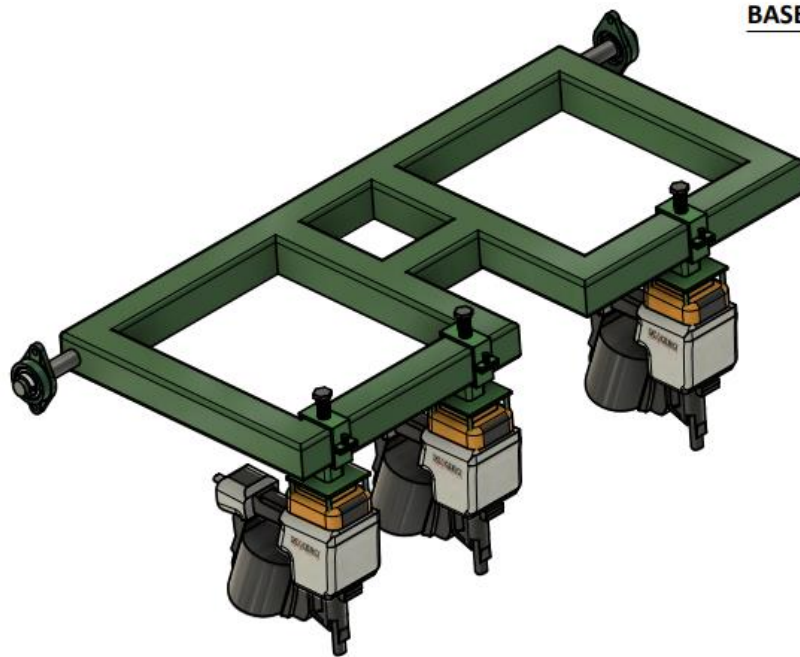
Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
 INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
 DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

BASE PARA PISTOLAS



DESCRIPCIÓN	
A	Marco base
B	Soportes para pistolas
C	Pistolas neumáticas
D	Flecha de giro
E	Rodamiento de carcasa UCFL

Figura 19.- *Ensamble - Base para pistolas (elaboración propia, 2022).*

1.5.2 Estudio de movimiento

El siguiente paso en el diseño de la base para las pistolas neumáticas es la simulación de movimientos, esta se realiza en el mismo módulo de diseño de Fusion 360, presentando una trayectoria de revolución, esta se logra gracias a la flecha que atraviesa el marco base y termina en cada extremo con un rodamiento de carcasa que permanecen sujetos a la estructura principal, al accionarse, se desplaza hacia arriba y abajo efectuando el clavado con las tres pistolas de manera uniforme (ver Fig. 20)

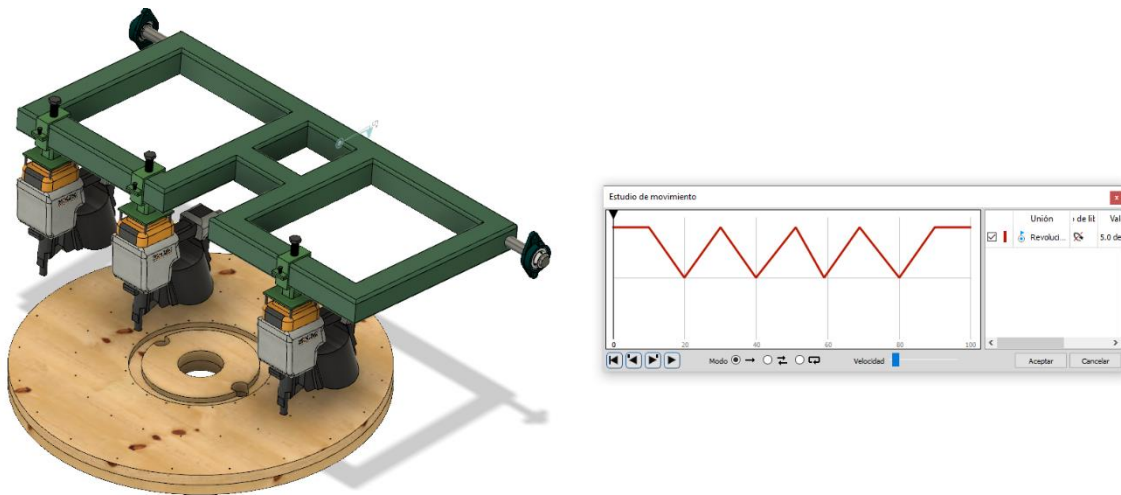


Figura 20.- Posición inicial – Estudio de movimiento para base de pistolas
(elaboración propia, 2022).

Este desplazamiento se efectúa de manera continua, como se muestra en la figura 21, mientras la balona gira sobre su eje principal, el desplazamiento de revolución es muy leve ya que con el mínimo accionar del gatillo y la nariz de la pistola, esta se acciona, además de que al ser un movimiento en conjunto el clavado es uniforme y permite una mejor unión de las tablas, eliminando los defectos de aberturas, del mismo modo, al ser un único golpe el clavo entra a la perfección eliminando el proceso de sumido y evitando rotura de tablas por el golpe.

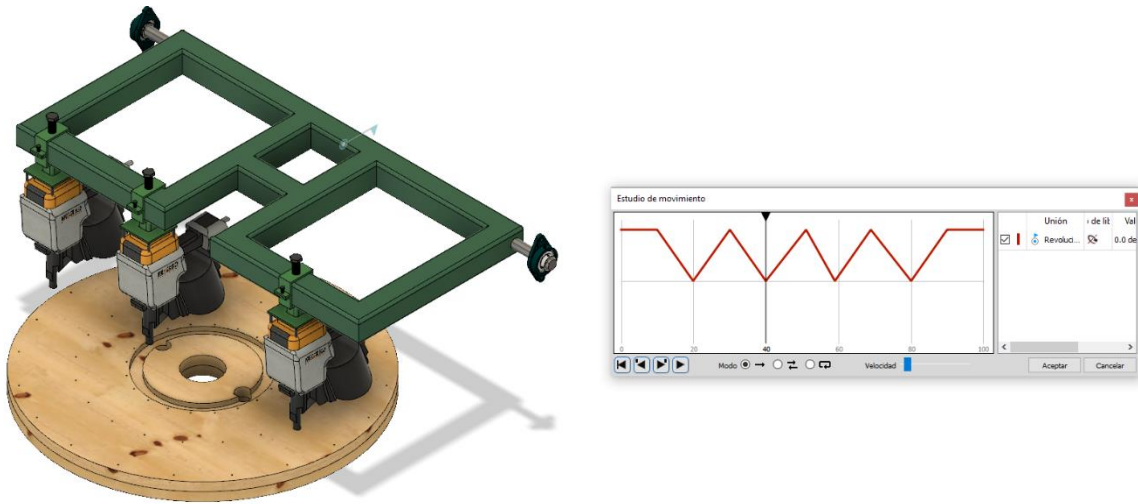


Figura 21.- Desplazamiento – Estudio de movimiento para base de pistolas
(elaboración propia, 2022).

1.5.3 Simulación de esfuerzos

Para reforzar el diseño, y comprobar que los principales componentes que ejercen actividad en el sistema funcionaran de manera adecuada, se realiza una simulación de esfuerzos aplicando cargas sobre el marco base, en contra de la resistencia ejercida por los rodamientos y la fijación mediante los resortes, se presenta también el peso de la fecha y los soportes individuales con las pistolas montadas, estas cargas se presentan en la tabla 10:

Tabla 10.- Cargas por componente

Componente	Carga
Marco base	Ejerce una fuerza teórica en base al peso de aproximadamente 73.5 Kg y está en función de la gravedad
Flecha de soporte	Ejerce una fuerza teórica en base al peso de 16.56 Kg y está en función de la gravedad
Pistola neumática	Ejerce una fuerza teórica en base al peso de 3.8 Kg y está en función de la gravedad

Soporte de pistola	Ejerce una fuerza teórica en base al peso de 0.92 Kg y está en función de la gravedad
Rodamiento de carcasa	Tiene una capacidad de carga dinámica de 30700 N y una capacidad de carga estática de 19000 N.
Resortes	Se solicitan al proveedor para que sostengan un peso aproximado de 20 kg y se estiren aproximadamente 3 cm.

Fuente: Norelem (<https://www.norelem.mx/mx/es/Inicio.html>), Lee spring ([leespring.com](https://www.leepring.com)), Ferre Barniedo (<https://www.ferrebarniedo.com.mx/>). Elaboración propia, 2022

Para obtener la fuerza en Newtons ejercida por el sistema elevador, la balona y las pistolas neumáticas se utiliza nuevamente la expresión 4:

$$N = m * g \quad (4)$$

Donde:

N = Fuerza en Newtons

m = masa del objeto

g = gravedad

Por lo tanto:

La fuerza ejercida por el peso del marco base:

$$F_{MC} = 73.5 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{720.78 \text{ N}}$$

La fuerza ejercida por el peso de la flecha de soporte:

$$F_E = 16.56 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{162.40 \text{ N}}$$

La fuerza ejercida por el peso de la pistola neumática:

$$F_P = 3.8 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 37.278 \text{ N (3 pistolas)} = \mathbf{111.834 \text{ N}}$$

La fuerza ejercida por el peso de los soportes de pistola:

$$F_S = 0.92 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 9.022 \text{ (3 soportes)} = \mathbf{27.066 \text{ N}}$$

Carga soportada por rodamiento de carcasa de acuerdo con las especificaciones del proveedor:

$$F_{RC} = 30700 \text{ N}$$

Carga soportada por el resorte de acuerdo con las especificaciones del proveedor:

$$F_R = 196.13 \text{ N}$$

Una vez definidas las cargas involucradas en el funcionamiento del componente, se procede a simplificar el mismo y a seleccionar los materiales de cada componente, acero comercial en la mayoría de los casos, para así poder realizar la simulación en el software Fusion 360, en la figura 22 se muestran las cargas y restricciones aplicadas en el sistema así como la malla:

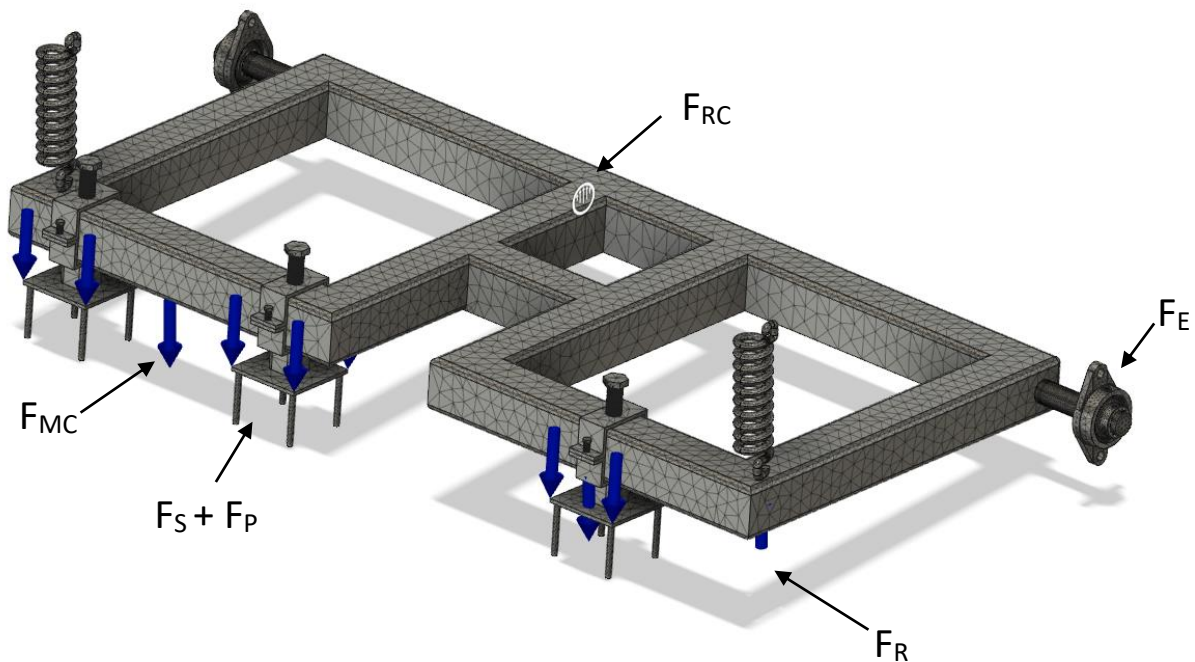
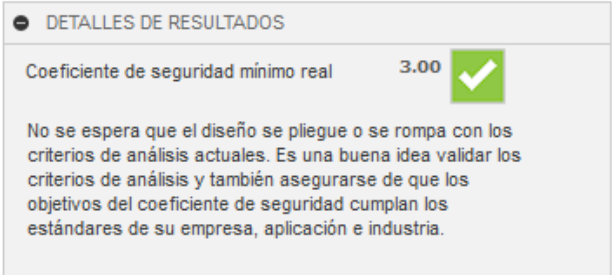
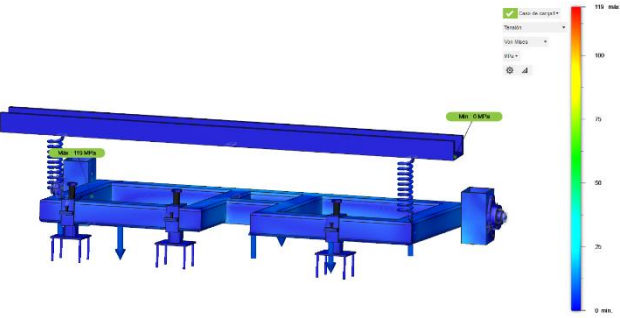
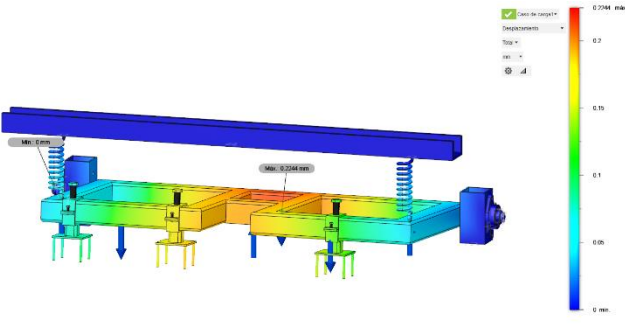
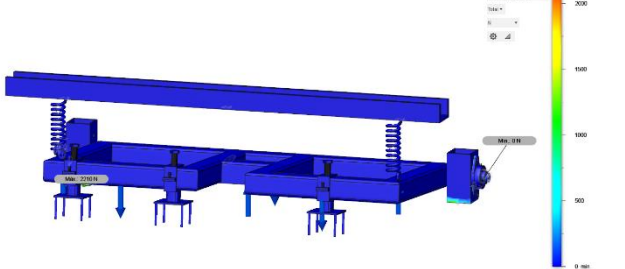
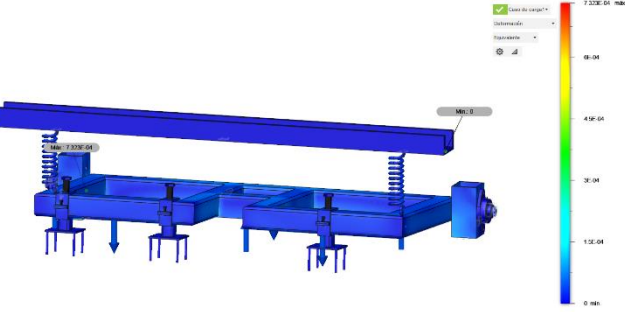


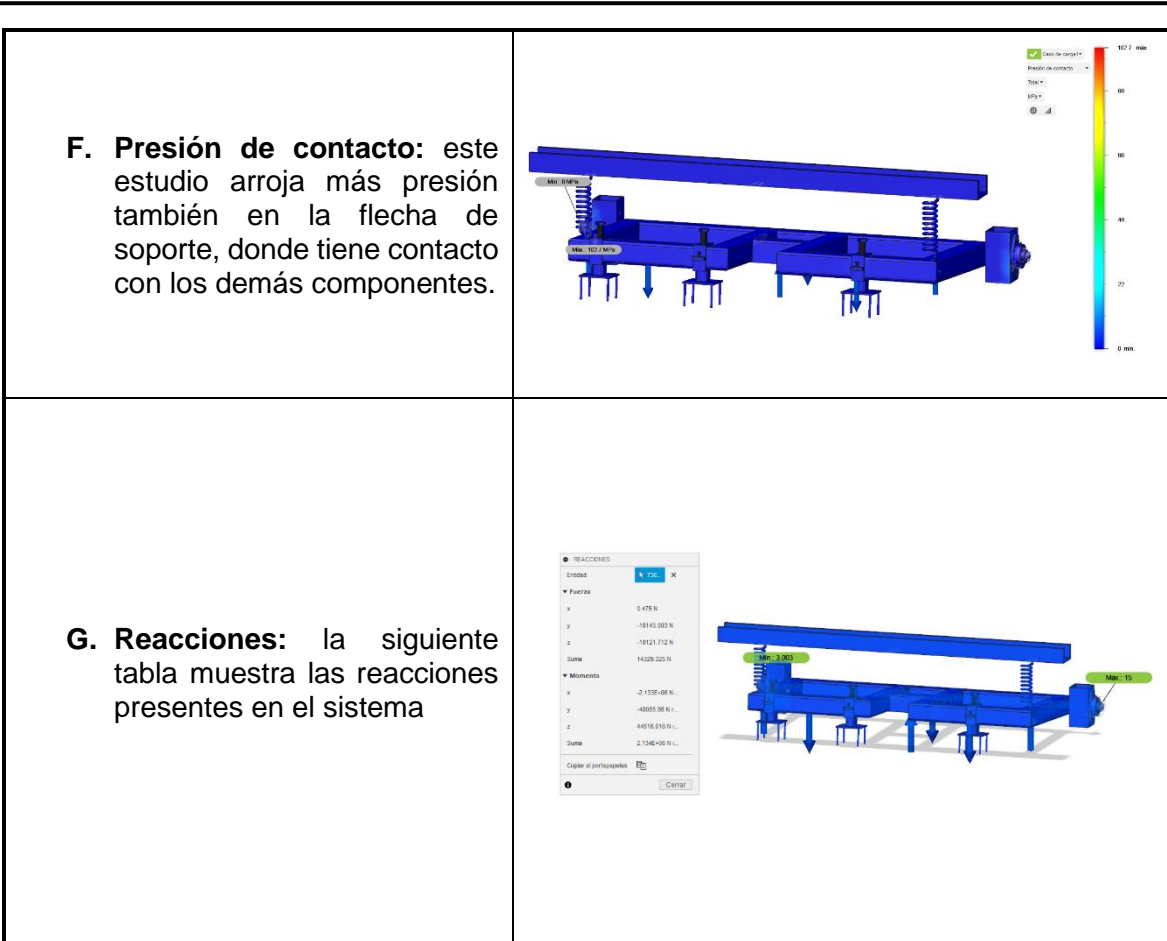
Figura 22.- Cargas involucradas en el sistema y generación de malla
(elaboración propia, 2022).

Después de establecer estos parámetros, se procede a resolver el estudio y en la tabla 11 se presentan los resultados para cada estudio, arrojando lo siguientes resultados:

Tabla 11.- Simulación y presentación de resultados

Estudio	Evidencia
<p>A. Coeficiente de seguridad: la simulación del sistema presenta un coeficiente de seguridad que para el software cumple con su funcionamiento, es decir, con las características actuales no presentara fallos en su estructura, para los modelos de balona con dimensiones mayores puede ser necesario reforzar el diseño.</p>	 <p>DETALLES DE RESULTADOS</p> <p>Coeficiente de seguridad mínimo real 3.00 ✓</p> <p>No se espera que el diseño se pliegue o se rompa con los criterios de análisis actuales. Es una buena idea validar los criterios de análisis y también asegurarse de que los objetivos del coeficiente de seguridad cumplan los estándares de su empresa, aplicación e industria.</p>
<p>B. Tensión: el estudio de tensión arroja los siguientes resultados, mostrando a presencia en los extremos de la flecha de soporte, sin que llegue a ser un problema crítico.</p>	 <p>115 MPa</p> <p>100</p> <p>75</p> <p>50</p> <p>25</p> <p>0 MPa</p>

<p>C. Desplazamiento: la simulación arroja el resultado del desplazamiento mayor sobre el centro de la estructura, ya que es donde se genera el giro del componente, así como en las pistolas y resortes al accionarse.</p>	
<p>D. Fuerza de reacción: los resultados obtenidos arrojan una fuerza de reacción mayor en los rodamientos de carcasa que sujetan el eje central.</p>	
<p>E. Deformación: la simulación presenta pequeñas deformaciones en la flecha de soporte así como en la estructura en general, sin llegar a ser un impedimento para su funcionamiento.</p>	



Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Con todo lo presentado anteriormente, se puede concluir que este componente también cumple con las necesidades para la cuales se diseñó, de manera sobrada presenta un comportamiento simulado ideal, que empíricamente por la experiencia del ingeniero mecánico que colaboró en el diseño tendría que ser funcional y así incluso poder con estas características ser implementado en sistemas más grandes.


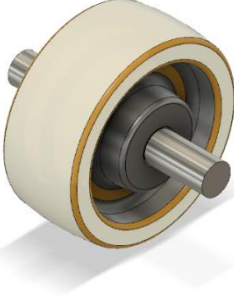
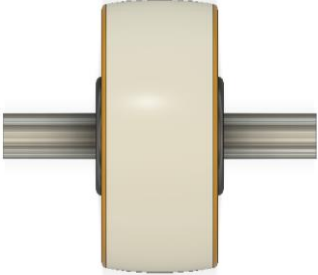
1.6 Cadena de ruedas

Este componente, como su nombre lo indica, es una tira con ruedas que proporciona el movimiento a las balonas una vez están dentro de la máquina, estas se encuentran repartidas por toda la mesa de trabajo y se encuentran alineadas de modo que el material no roce con la estructura al entrar o salir.

1.6.1 Modelado de componentes 3D

Utilizando el software Fusion 360, se procede a modelar los componentes del dispositivo propuesto, un trabajo en conjunto con el gerente de la planta. La tabla 10 muestra los componentes por modelar o ensamblar, los cuales son:

Tabla 12.- Componentes modelados

Componente	Modelo 3D
<p>A. Soportes: Son los soportes en los cuales se encuentran fijas las ruedas, modeladas con la especificación de la solera de 3/16" de espesor y 2" de ancho.</p>	
<p>B. Rueda de poliamida: se optó por usar ruedas en lugar de rodillos por el espacio y la movilidad, los modelos 3D se adquieren directamente del proveedor.</p>	
<p>C. Ejes: las ruedas necesitan un eje sobre el cual apoyarse y proporcionar la movilidad, se modelan de acuerdo con el diámetro del eje central de las ruedas.</p>	

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Este componente, al igual que sus predecesores, es modelado y ensamblado en Fusion 360, dicho ensamble se presenta a continuación en la figura 23. Es importante recalcar que es un componente que únicamente brinda desplazamiento sin soportar mucho peso, además de que está repartido en toda la mesa de trabajo, por lo cual no se realiza ninguna simulación de esfuerzos.

DOCUMENTO: ESPECIFICACION CLAVADORA NEUMÁTICA
Sustituye: Version 0

Version No.:1
20-Febrero-22

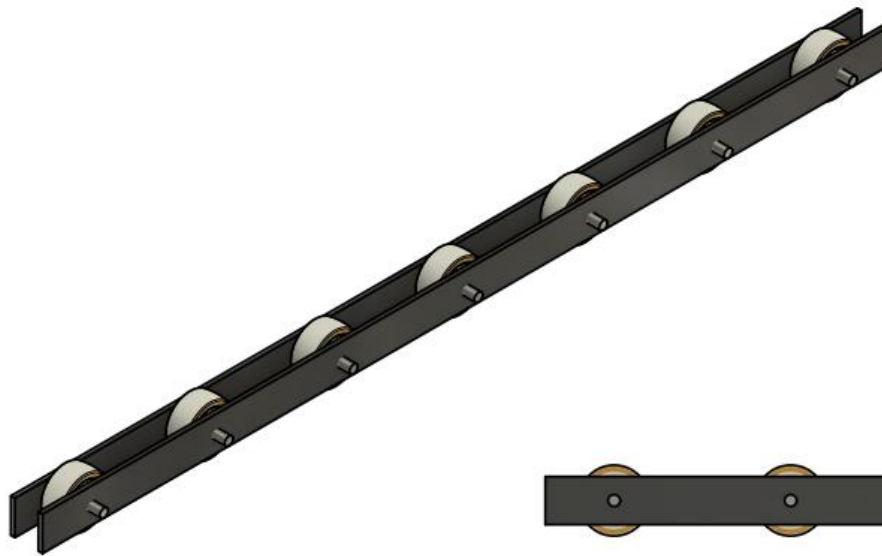
Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

CADENA DE RUEDAS



Descripción	
A	Soportes
B	Ruedas de poliamida
C	Ejes

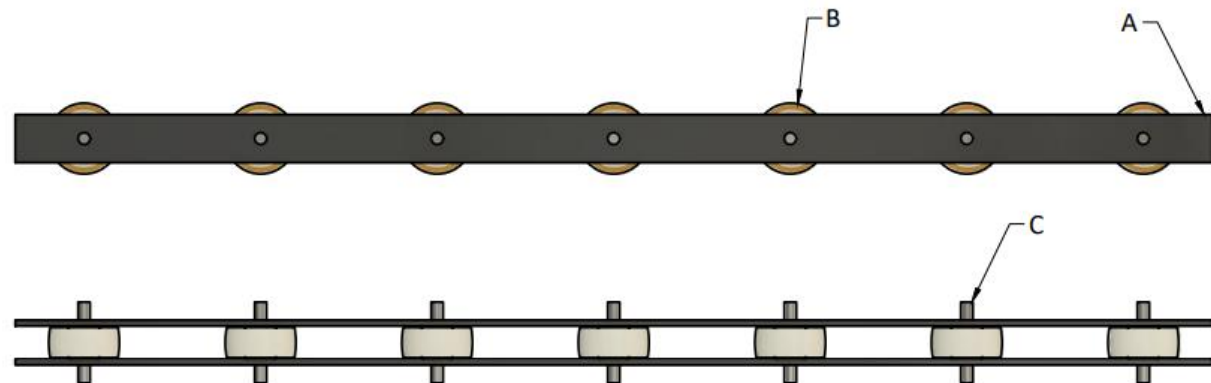


Figura 23.- Ensamble - Cadena de ruedas (elaboración propia, 2022).

1.6.2 Estudio de movimiento

Para corroborar que este componente cumple con su función, se realiza un estudio de movimiento en el cual se representa la entrada y salida de la balona como esta propuesto mediante el apoyo y giro de las ruedas colocadas de forma repartida en la mesa de trabajo (ver Fig. 24)

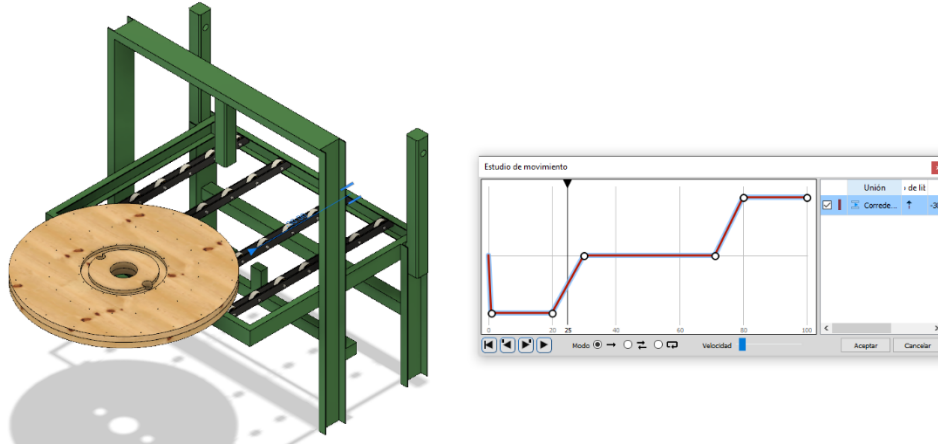


Figura 24.- Posición inicial – Estudio de movimiento para tiras de ruedas

(elaboración propia, 2022).

La figura 25 muestra el desplazamiento lineal que se produce gracias al empuje del material sobre la superficie de trabajo de las ruedas, una vez llega al centro, la balona es elevada, se realiza el clavado y vuelve a descender, para salir por la parte trasera rumbo al siguiente proceso.

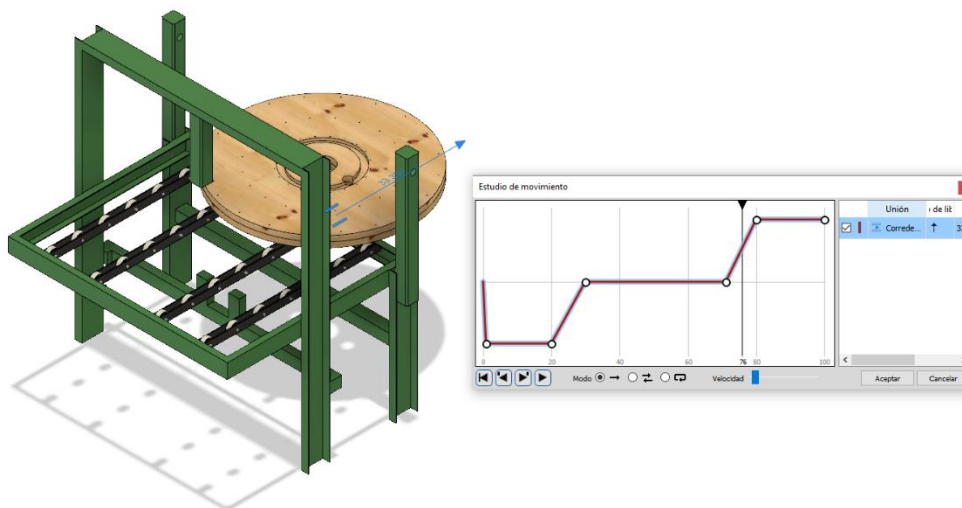


Figura 25.- Desplazamiento – Estudio de movimiento para tiras de ruedas

(elaboración propia, 2022).

1.7 Tope mecánico

Este componente cumple con la función de detener la balona cuando se desplaza verticalmente con el centro elevador, aprisionándola y no permitiendo un rebote al momento de clavar e ir girando, es ajustable mediante un eje roscado que está unido al travesaño superior de la estructura.

1.7.1 Modelado 3D de componentes

Utilizando el software Fusion 360, se procede a modelar los componentes del dispositivo propuesto, un trabajo en conjunto con el gerente de la planta. La tabla 13 muestra los componentes por modelar o ensamblar, los cuales son:

Tabla 13.- Componentes modelados

Componente	Modelo 3D
<p>A. Plato: modelado a semejanza del plato de carga del centro elevador, este cuenta con un maquinado en el centro que permite incrustar un rodamiento para darle un giro independiente, y así, cuando se gire la balona este no se gire liberando el aprisionamiento.</p>	
<p>B. Rodamiento de bolas: el modelo 3D de este componente se obtiene del proveedor, sirve para darle giro al plato sin liberar el aprisionamiento.</p>	

<p>C. Eje roscado: es un eje que está unido al plato giratorio mediante el rodamiento de bolas y le permite ascender y descender mediante un roscado tipo ACME, este componente está diseñado para calibrarse una sola vez manualmente.</p>	
<p>D. Soporte para eje: su modelado es en base a un cilindro sólido, este tiene un maquinado interno con cuerda ACME, está sujeto al poste soldado del travesaño de la estructura.</p>	

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Este componente esta soldado al poste que está fijo al travesaño de la estructura, su modelado es muy sencillo y funcional, sobre él no se ejerce ninguna fuerza, simplemente es un tope para la balona ajustable para los modelos de carrete normal y reforzado, en los cuales varía el grosor. Su ensamble se presenta en la figura 26.

DOCUMENTO: ESPECIFICACION CLAVADORA NEUMÁTICA
Sustituye: Version 0

Version No.:1
20-Febrero-22

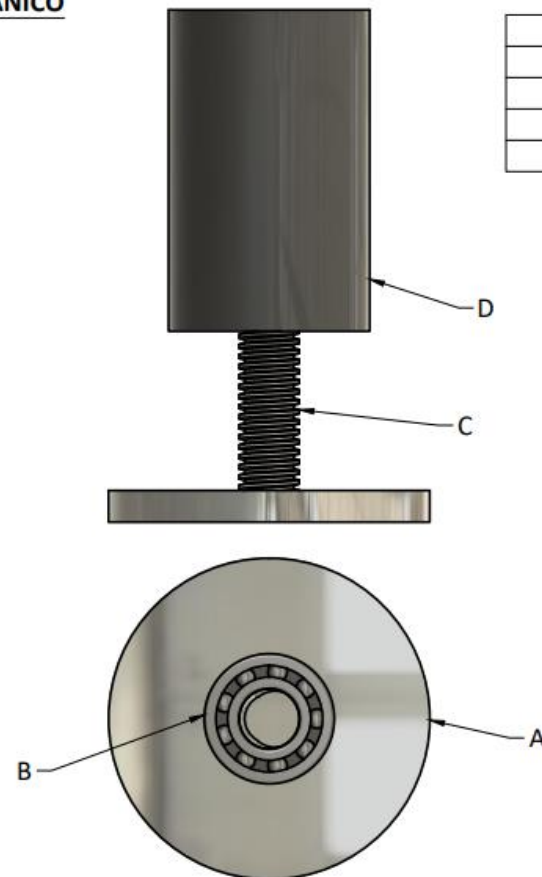
Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

TOPE MECÁNICO



DESCRIPCIÓN	
A	PLATO
B	RODAMIENTO DE BOLAS
C	EJE ROSCADO
D	SOPORTE PARA EJE

Figura 26.- *Ensamble - Tope mecánico (elaboración propia, 2022).*

1.7.2 Estudio de movimiento

Este estudio de movimiento presenta el aprisionamiento de la balona por parte del tope mecánico, en la primera calibración la balona se eleva y se ajusta el tope, posteriormente con el solo accionar del centro elevador está descendiendo y puede ser desplazada, quedando el tope a la altura de las balonas por clavarse (ver Fig. 27).

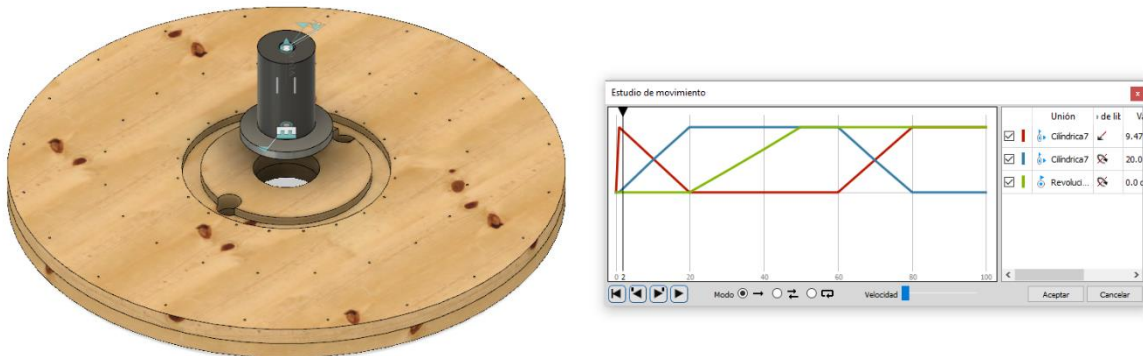


Figura 27.- Posición inicial – Estudio de movimiento para tope mecánico
(elaboración propia, 2022).

La figura 28 ilustra el desplazamiento vertical de tope mecánico aprisionando la balona, a la vez que gira al ser clavada, este tope se puede ajustar ya que la balona esta elevada por el centro con el actuador.

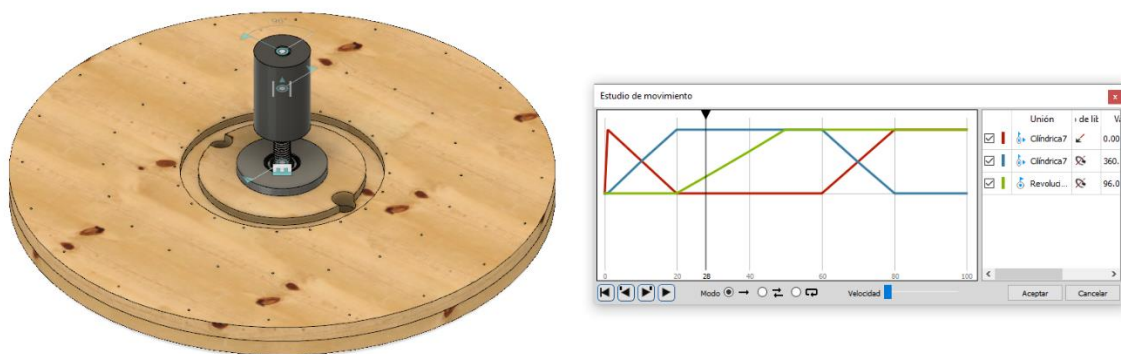


Figura 28.- Desplazamiento – Estudio de movimiento para tope mecánico
(elaboración propia, 2022).

Posterior a el proceso de clavado, se libera el centro elevador con la balona sobre él, permitiendo desplazar la balona por las ruedas y pasando al siguiente proceso, por lo cual el tope se queda calibrado a la altura del modelo de balona que se esté fabricando, permitiendo que el flujo de trabajo se constante sin tener que modificar este parámetro (ver Fig. 29)

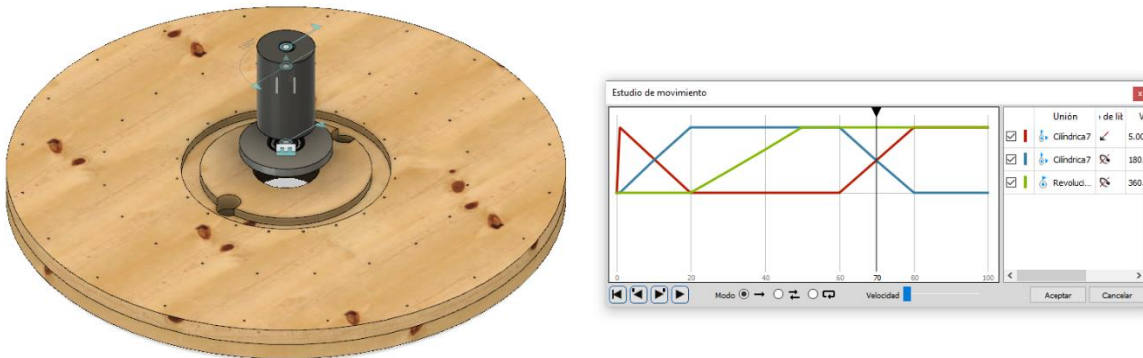


Figura 29.- Liberación del aprisionamiento – Estudio de movimiento para tope mecánico
(elaboración propia, 2022).


1.8 Resortes

Los resortes son un componente que le brinda el accionamiento a la base que sostiene las pistolas neumáticas, están anclados al travesaño superior de la estructura, estos componentes fueron diseñados por el proveedor, únicamente proporcionándoles el diámetro exterior, la capacidad de carga y el estiramiento final que se requería.

1.8.1 Modelado 3D de componentes

Utilizando el software Fusion 360, se procede a modelar los componentes del dispositivo propuesto, un trabajo en conjunto con el gerente de la planta. La tabla 14 muestra los componentes por modelar o ensamblar, los cuales son:

Tabla 14.- Componentes modelados

Componente	Modelo 3D
<p>A. Resorte: modelado como un resorte sin deformación, una pieza única que no necesita un ensamble, el modelo cuenta con un diámetro exterior de 1.5” y un estiramiento de 0.75”, debe sostener la mitad del peso de la base, aproximadamente 20kg por cada lado.</p>	

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

1.8.2 Estudio de movimiento

Los resortes, a diferencia de los otros componentes, no son un ensamble, por lo cual es necesario realizar únicamente el estudio de movimiento para visualizar el desplazamiento que tendrán, que aunque menos, es más que suficiente para realizar el clavado de las balonas (ver Fig. 30).

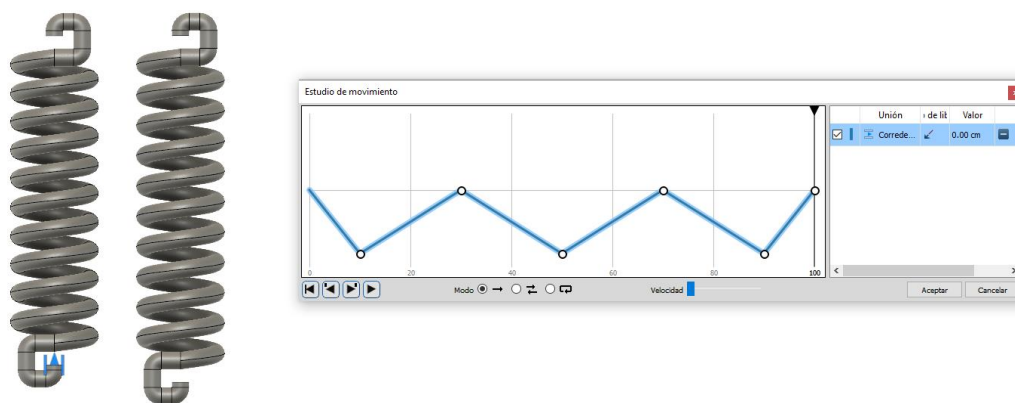


Figura 30.- Posición inicial – Estudio de movimiento para resortes

(*elaboración propia, 2022*).

La figura 31 ilustra el desplazamiento del resorte hacia abajo, simulando el desplazamiento que el componente debe tener al accionar la base de las pistolas, como se observa es mínimo, más que suficiente para que al aplicarle la fuerza de accionamiento clave sin generar un cansancio mayor al operador.

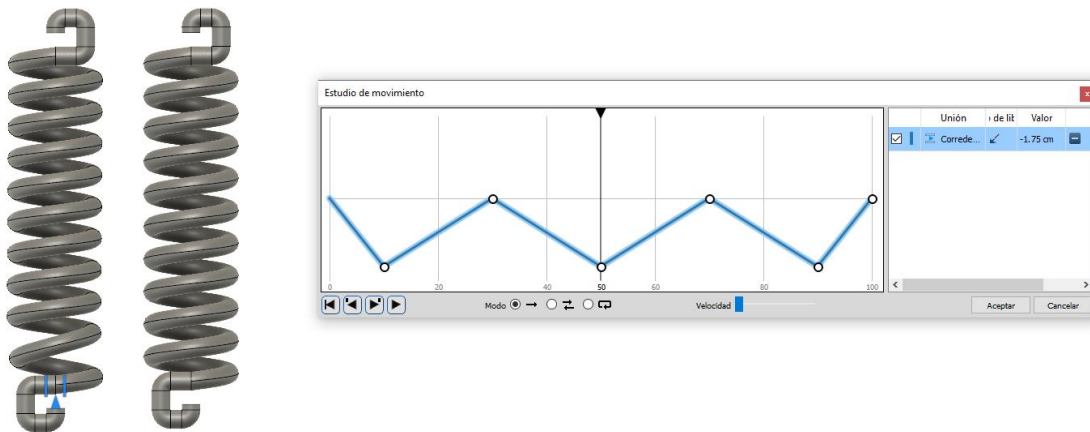


Figura 31.- Desplazamiento – Estudio de movimiento para resortes

(elaboración propia, 2022).

1.9 Ensamble de clavadora neumática

Una vez modelados todos los componentes y simulados sus movimientos, se procede a realizar el ensamble de la máquina, añadiendo todos los contactos y uniones entre elementos, con trayectorias de desplazamiento y uniones rígidas de modo que interactúen entre ellos y logren así demostrar que los componentes cumplen con lo solicitado.

La figura 32 muestra el dibujo del ensamble realizado, con vistas que permiten visualizar de la mejor manera posible cada componente así como la interacción que anteriormente se ha mencionado que deben tener, se excluyen en el ensamble las válvulas y conexiones neumáticas.

DOCUMENTO: ESPECIFICACION CLAVADORA NEUMÁTICA
Sustituye: Version 0

Version No.:1
20-Febrero-22

Hoja: 1 de 1

ELABORO: ARIEL ALEJANDRO ROSAS MEJIA
INGENIERO DE CALIDAD

REVISO: GERENTE DE TECNOLOGIA Y CALIDAD/GERENTE
DE GESTION Y CALIDAD

AUTORIZO: DIRECTOR TECNICO Y DE CALIDAD

CLAVADORA NEUMATICA

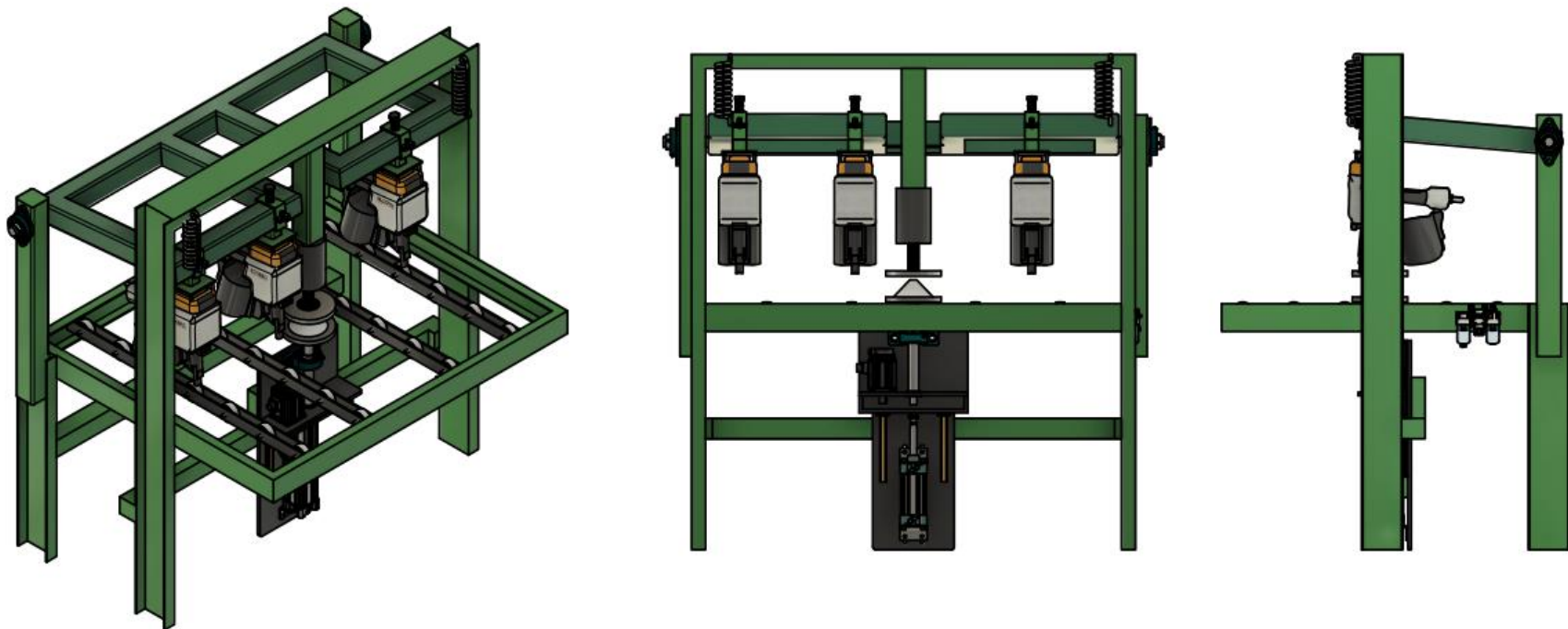


Figura 32.- *Ensamble – Maquina clavadora neumática (elaboración propia, 2022).*

1.9.1 Estudio de movimiento

A continuación se presenta el estudio de movimiento siguiendo el flujo del clavado de balonas, todos los componentes interactúan en determinado momento del proceso, dando como resultado una visualización del proyecto a modo de que durante y después del proceso de fabricación resulte tener el mismo comportamiento. La figura 33 ilustra el inicio del proceso, en el, una balona del modelo 11 normal entra a la maquina y se dispone a ser clavada, tiene un grosor de 3" y un diámetro de 48"

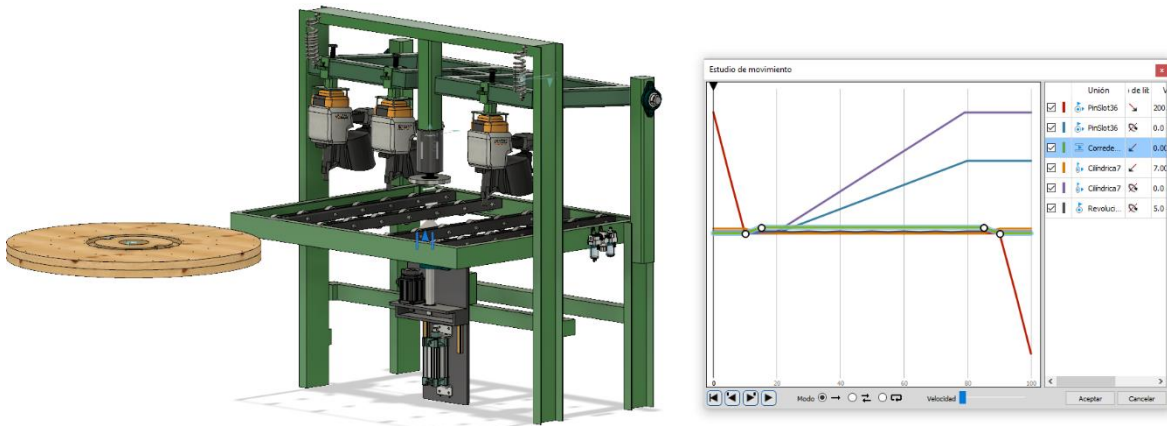


Figura 33.- Posición inicial – Estudio de movimiento para clavadora neumática (elaboración propia, 2022).

Una vez dentro, la balona es aprisionada por el centro elevador en contra del tope mecánico, asegurando el bloqueo de movimiento y un giro uniforme (ver Fig. 34).

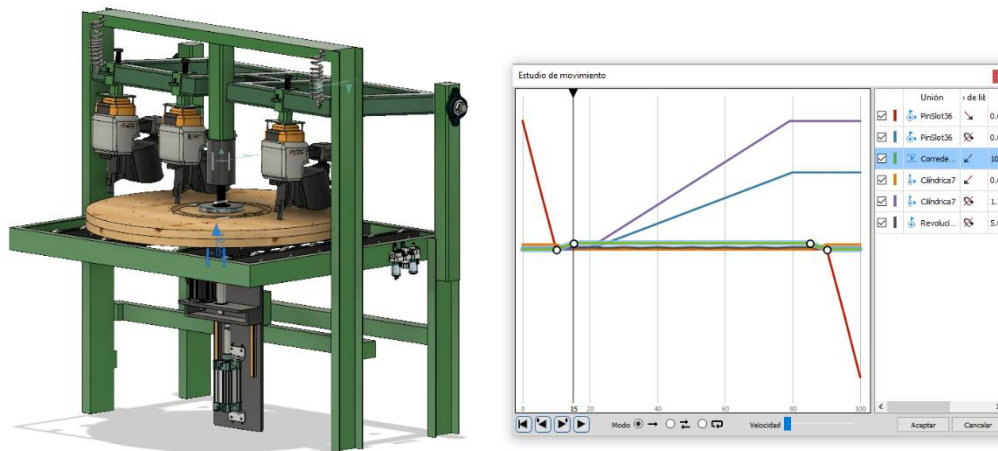


Figura 34.- Aprisionamiento – Estudio de movimiento para clavadora neumática (elaboración propia, 2022).

La figura 35 ilustra que, mientras esta aprisionada, la balona empieza a girarse manualmente, mientras se realiza el accionamiento de la base con las pistolas a una cadencia especifica de modo que pueda terminar de clavarse en un solo giro de balona.

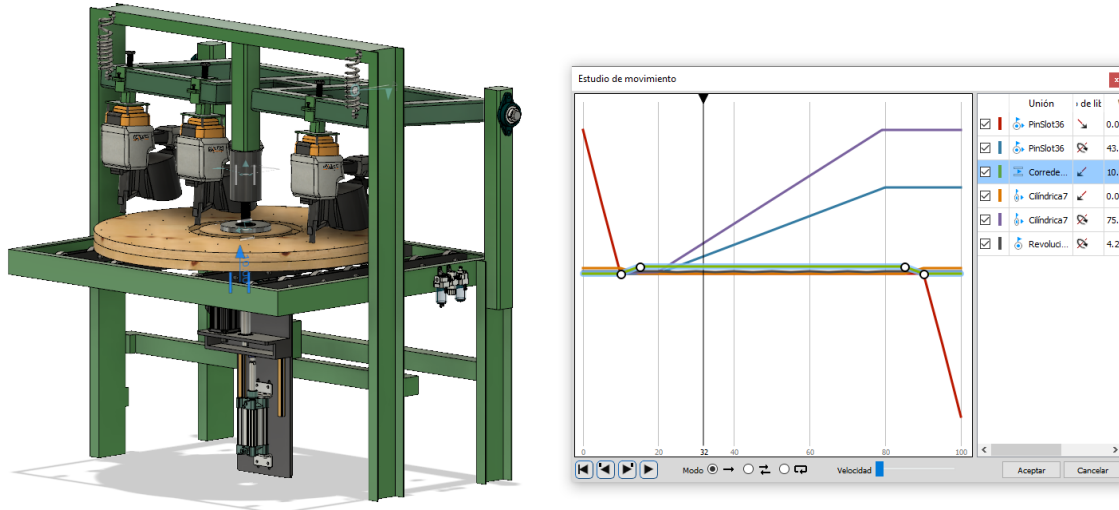


Figura 35.- Clavado – Estudio de movimiento para clavadora neumática
(elaboración propia, 2022).

Por último, el sistema neumático se libera dejando la balona sobre las ruedas, ya clavada se procede a desplazarla por la parte trasera para continuar con el siguiente proceso (ver Fig. 36).

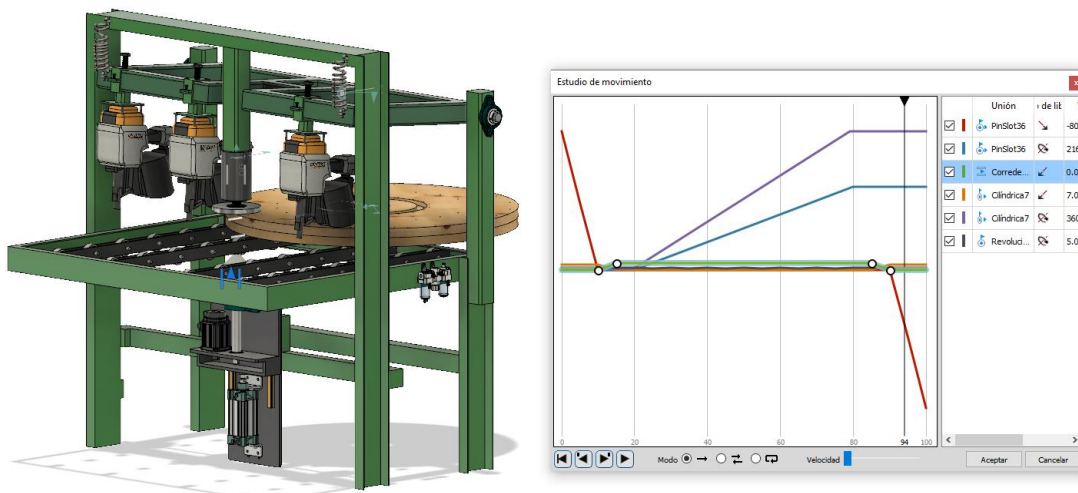


Figura 36.- Liberación y desplazamiento – Estudio de movimiento para clavadora neumática
(elaboración propia, 2022).

Una vez presentado el estudio de movimiento de la clavadora completa con la gerencia y dirección general, se autoriza su fabricación, solicitando a los proveedores los componentes de acuerdo con sus catálogos, realizando planos de fabricación para los componentes que requieren la intervención de un centro de maquinado, así como las instrucciones de armado, corte y soldadura de otros componentes a cargo del departamento de mantenimiento y el oficial herrero de la planta.

Estas actividades son supervisadas y llevadas a cabo en conjunto con el programador de producción, ya que en ocasiones se podía interrumpir el flujo de trabajo normal del departamento de mantenimiento y herrajes, y para contrarrestar este problema se asignan horas extra y apoyo de operadores con conocimientos específicos para realizar el ensamble de los componentes, pintura y detallado.

La conexión neumática de pistolas neumáticas así como la instalación de la tubería de aire para las pruebas y posterior instalación en el área de trabajo es responsabilidad del departamento de mantenimiento, la conexión del actuador neumático y sus válvulas es asesorada por el proveedor en conjunto con conocimiento del programador y el gerente de la planta.

2. ETAPA DE FABRICACIÓN

2.1 Estructura

La estructura como tal se fabricó en Derimap S.A de C.V en un tiempo anterior a la solicitud de la propuesta, está basada en la clavadora pequeña presentada anteriormente, sin embargo la idea fue desechada debido al sistema de accionamiento con el cual fue ideado, este contaba con la base para clavar de manera lineal pero con un accionamiento deficiente.

La estructura, está fabricada con canal de acero C.P.S de 6", se le adicionan refuerzos con acero cuadrado o PTR de 3 ½ pulgada y espesor de 4 mm, para un determinado número de modelos de carretes de madera (ver Tabla 15).

Tabla 15.- Modelos de balona para clavadora neumática

Modelos para Clavadora Neumática mediana		
Modelo	Diámetro balona	Espesor balona
10 especial	42"	3"
11 normal	48"	3"
11 GTR	46"	3"
12 normal	53"	3"
11 reforzado	45"	4"
12 reforzado	52"	4"

La figura 37 ilustra el estado de abandono en el cual se encontraba la estructura, esta únicamente cumple con las dimensiones para ciertos modelos, por lo cual fue necesario adaptar la propuesta con la estructura como solicitud del gerente general para el aprovechamiento de este material. El sistema de accionamiento de este prototipo tendría un desplazamiento vertical mediante dos ruedas de nylon que como se puede deducir no puede generar el mismo desplazamiento que se desea tener.



Figura 37.- *Sistema original de accionamiento*
(elaboración propia, 2021).

Para poder adaptar esta estructura al diseño, se procede a tomar medidas y realizar un boceto a lápiz para después modelarlo en 3D, mientras eso se realiza por el programador, se asigna al departamento de mantenimiento el transportar la estructura al área de herrajes para comenzar con la colocación de algunos refuerzos y quitar la base de pistolas, se realiza el proceso de acabado y pintura, asignado el color “verde tortuga” para así coincidir con la maquinaria en planta.

2.2 Centro elevador

El centro elevador es el primer componente que se empieza a fabricar a partir de la propuesta, los siguientes componentes son enviados a un centro de maquinado para su fabricación, en base a los planos elaborados en Fusion 360. (ver Anexo 1)

1. Base elevadora
2. Flecha central
3. Cono intercambiable
4. Plato de carga

De la misma forma, se entregan planos de fabricación y ensamble al oficial herrero de la empresa para comenzar con el corte de la placa base con plasma, comenzar a barrenar y hacer machuelos para las guías lineales y la fijación del cilindro neumático (ver Anexo 2).

Los componentes externos solicitados para este sistema provienen de los siguientes proveedores, los cuales son:

1. Norelem para los componentes mecánicos.
2. SMC para los componentes neumáticos.
3. Ferre Barniedo para el acero.

Estos proveedores facilitan los modelos 3D de sus productos con la finalidad de desarrollar prototipos de maquinaria de acuerdo con sus especificaciones, al momento de llegar se ensamblan y es más fácil la calibración y observación de comportamientos, la lista de estos componentes una vez seleccionados son enviados al departamento de compras para solicitar la cotización del material, mediante la elaboración por parte del programador de dos requisiciones en el software Aspel SAE (ver Anexo 3). Es importante mencionar que estos proveedores proporcionan los componentes para los demás sistemas a fabricar, motivo por el cual se incluyen en la misma requisición.

La conexión neumática una vez que llegaron los componentes de SMC se realiza con asesoría del proveedor, la figura 38 muestra como está conectada la alimentación directa de la tubería a una unidad de mantenimiento independiente

para las pistolas neumáticas y otra para el actuador neumático con la finalidad de regular la presión de cada una y así obtener el mejor aprovechamiento del aire, y la figura 39 ilustra los botones o válvulas mecánicas para accionarlo.



Figura 38.- *Unidad de mantenimiento (elaboración propia, 2022).*

- **Verde:** *Abrir paso de aire*
- **Rojo:** *Cerrar paso de aire*



Figura 39.- *Botonera de accionamiento (elaboración propia, 2022).*

El cilindro neumático se desempeña como el soporte y el componente que genera el funcionamiento del centro elevador, para ello es conectado a la alimentación del aire mediante su unidad de mantenimiento y sus respectivas válvulas, se encuentra fijo a la placa base gracias las bases que incluye el modelo, las guías lineales se fijan de acuerdo al barrenado que incluyen en su estructura, una vez barrenada la placa y con los machuelos se montan y se atornillan asegurando una unión óptima gracias a los tornillos de alta resistencia.

Una vez fijos estos dos componentes, se procede a montar la base elevadora sobre las guías utilizando los carros guía, estos están fijos a la base elevadora mediante tornillos de alta resistencia de acuerdo con las restricciones de tamaño dadas por el diseño, y en la parte inferior se inserta el vástago con una tuerca de cuerda contraria para asegurar el apriete de los componentes.

En la parte central, se inserta la flecha de soporte, insertada y sostenida en la parte inferior por el rodamiento cónico de rodillos y se mantiene alineada con el rodamiento de carcasa previamente fijado a la base elevadora, culmina con el plato que soporta la balona y su respectivo cono que limita el movimiento a la medida del barreno central de carga que es el punto central del componente (ver Fig. 40).



Figura 40.- Centro elevador (elaboración propia, 2022)

2.3 Tope mecánico

Todos los componentes del tope mecánico (a excepción del rodamiento de bolas, solicitado en la requisición a Norelem) son piezas que igualmente no se encuentran en el mercado, por lo cual es necesario mandarlas a fabricar al centro de maquinado, elaborando los respectivos planos de fabricación para las siguientes partes (ver Anexo 4).

1. Plato
2. Eje roscado
3. Soporte para eje

La figura 41 ilustra como una vez entregadas las piezas, se realiza el ensamble y soldadura de este a la estructura. El tope mecánico únicamente presenta dificultad de ensamble al momento de alinearlo en el centro de la estructura para que pueda coincidir con el centro elevador, después de calibrarlo se fija con soldadura (ver Fig. 42).



Figura 41.- Tope mecánico (elaboración propia, 2022).



Figura 42.- Alineación del tope mecánico (elaboración propia, 2022).

2.4 Resortes

Los resortes son solicitados a Resortes Acolman, con la especificación del largo del resorte y su diámetro exterior aproximado, con solo dos limitantes, que su estiramiento sea de 0.5 cm y pueda levantar un peso de 40kg. Al ser ellos fabricantes de resortes el diseño y fabricación está a su cargo (ver Fig. 43).



Figura 43.- Resorte de tensión fabricado por Resortes Acolman (elaboración propia, 2022).

2.5 Base para pistolas

Este componente requiere la fabricación en un centro de maquinado únicamente de la flecha de soporte, para ello se realiza su plano de diseño y se solicita al proveedor, de igual forma se realizan los planos para el marco base y los soportes de las pistolas, entregados al oficial herrero y fabricados por el en la planta (ver Anexo 2), el rodamiento de carcasa es solicitado a Norelem y las pistolas neumáticas se solicitan al proveedor de clavos.

La figura 44 muestra el montaje de las pistolas con su soporte individual que se hace una vez esta ensamblada la base en la estructura y sostenida por los resortes, estas cumplen con la función de sujetar las pistolas y facilitar su desplazamiento al momento de establecer las circunferencias de clavado. La base cuenta con un mango que acciona la base con solo aplicarle una mínima cantidad de fuerza, esta se encuentra a una altura razonable para el operador, facilitando así la operación

de clavado con una sola mano, mientras con la otra gira la balona y de manera secuencial realiza el proceso. Este método puede automatizarse mediante un actuador neumático.



Figura 44.- *Soportes de pistola montados con pistolas conectadas a la alimentación (elaboración propia, 2022).*

La base debe estar ensamblada con la flecha de soporte y sujeta a los postes traseros mediante los rodamientos de carcasa, estos proporcionan el giro y se pueden ajustar según la altura que se requiera (ver Fig. 45).



Figura 45.- *Alineación del tope mecánico (elaboración propia, 2022).*

2.6 Cadena de Ruedas

Las cadenas de ruedas se fabrican en el área de herrajes con su respectivo plano de fabricación (ver Anexo 2) y las ruedas de poliamida solicitadas a Norelem, su ensamble es sencillo, con un pedazo pequeño de redondo de 3/8" se fabrican los ejes y se colocan repartidos por toda la pieza, respetando la indicación de tolerancia entre una y otra, así como la altura libre para el correcto desplazamiento de la balona dentro de la máquina (ver Fig. 46).



Figura 46.- Cadenas de ruedas montadas (elaboración propia, 2022).

2.7 Ensamble y presentación de clavadora neumática

Una vez que todos los componentes se encuentran ensamblados, se procede a montarlos sobre la estructura calibrándolos uno por uno con la coordinación del programador, se terminan de instalar las tuberías y se alimenta el sistema, la figura 47 muestra la vista frontal de la maquina en el área de pruebas.



Figura 47.- Vista frontal de la maquina clavadora neumática (elaboración propia, 2022).

Las dimensiones exteriores de la maquina son de 1.28m x 1.53m, es ideal para el área de clavado de balonas, además de que la estructura original necesitaba tener refuerzos para que no llegara a tener problemas de resistencia, de la misma forma se le añadieron elevadores en las patas base, con tuercas y varillas roscadas de 1" para nivelarla en el área de trabajo y así se pueda operar de manera óptima (ver Fig. 48)



Figura 48.- *Vista trasera de la máquina clavadora neumática (elaboración propia, 2022).*

Una vez que la máquina esta ensamblada y alimentada, se da comienzo a la etapa de pruebas de funcionamiento y operación, se monitorea y observa su comportamiento para así analizar los datos recabados y que se pueda obtener un resultado positivo en cuanto a su funcionalidad, que realmente puede incrementar la productividad de los equipos de trabajo y darle una mayor calidad al producto terminado, sin olvidar que debe ser cómoda y fácil de usar para el operador.

3 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

La etapa de implementación comienza con la fase de pruebas de operación de la máquina, con diferentes modelos y distintos operadores, una vez obtenidos los resultados se procede a realizar su puesta en marcha en el área de fabricación de balonas así como los resultados obtenidos en los puntos clave a atacar.

3.1 Pruebas de funcionamiento

La fase de pruebas comienza con pequeños muestreos del accionamiento del cilindro neumático para comprobar que efectivamente cumple con el ciclo presentado en el diagrama neumático, acto seguido, se regula la cantidad de aire suministrada y se calibra a una velocidad que sea funcional. Para este punto, están conectadas las tres pistolas y es posible introducir una balona para ser clavada, en este caso, se realizan los muestreos con una balona del carrete 12 reforzado, este al ser de un grosor de 4 pulgadas, requiere ser clavada por ambos lados, y una balona 11 normal, solo, por un lado.

El recabado de datos se muestra en la tabla 16 y se realiza con los siguientes tiempos y condiciones para una balona del modelo 12 reforzado y 11 normal:

Tabla 16.- *Tiempos de clavado*

Análisis de funcionamiento					
Operador	Modelo	Proceso	Tiempo	Proceso	Tiempo
Operador 1	12Ref	Clavado manual	2 min 28sgs (2)	Clavadora neumática	0 min 42 sgs (2)
Operador 2	11Nor	Clavado manual	1 min 19 sgs (1)	Clavadora neumática	0 min 28 sgs (1)
Operador 3	12Ref	Clavado manual	2 min 05 sgs (2)	Clavadora neumática	0 min 48 sgs (2)
Operador 4	11Nor	Clavado manual	1 min 10 sgs (1)	Clavadora neumática	0 min 31 sgs (1)

Fuente: elaboración propia, 2022

Como se puede observar, el clavado de manera manual conlleva más tiempo por ser un proceso físico que debe repetirse mínimo 3 veces por balona para así cumplir con las circunferencias de clavado, por el contrario con la clavadora neumática, se ve una clara disminución del tiempo de hasta el 100% por pieza trabajada. El proceso con la clavadora muestra una mayor facilidad en todas las operaciones, desde ajustar las pistolas y cargarlas con los clavos hasta disminuir el esfuerzo del operador al manipular las balonas, ya no es necesario levantarla y su accionamiento requiere la mínima aplicación de fuerza para clavar, la balona muestra superficies clavadas de manera uniforme y sin rotura de madera o desniveles. Se observa además que los componentes funcionan como se fue planeado, no presentan ruidos extraños o deformaciones al momento de operarlos. La figura 49 muestra la gráfica de disminución de los tiempos de clavado para estos dos modelos,

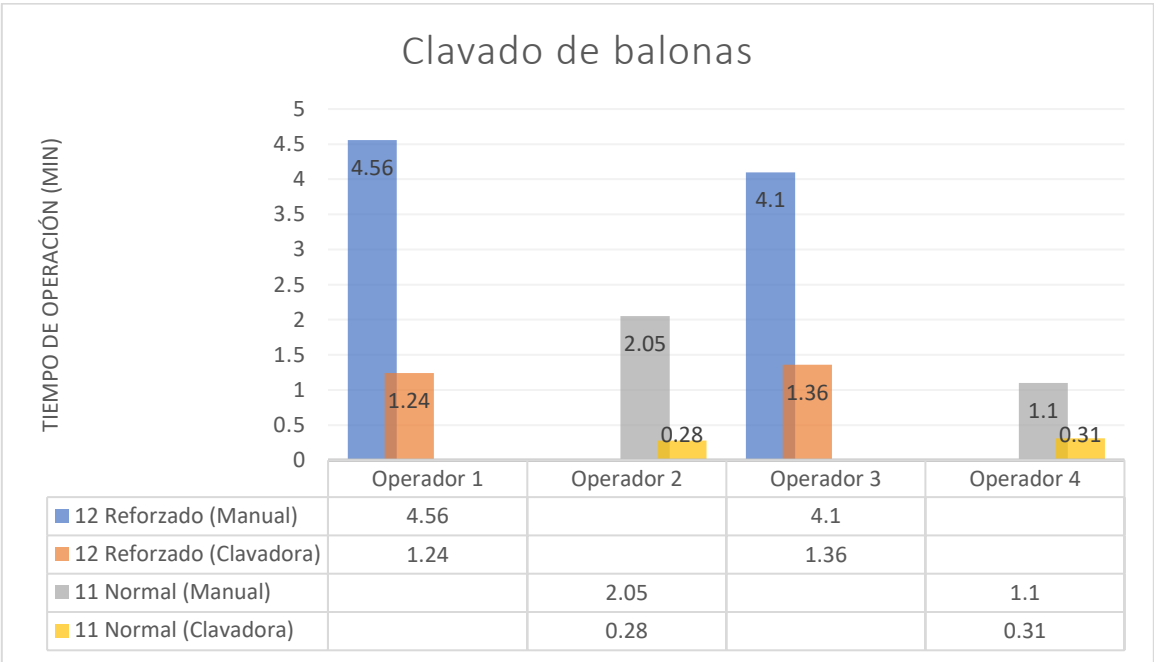


Figura 49.- Gráfica de clavado (elaboración propia, 2022).

De esta forma, con los resultados obtenidos y presentados a la gerencia, se autoriza y se procede a solicitar tiempo extra para el departamento de mantenimiento con la finalidad de instalar la máquina en el área de trabajo para así no perturbar las actividades programadas

3.2 Puesta en marcha y análisis de funcionamiento.

La máquina comienza operaciones en el mes de noviembre, por lo cual fue posible monitorear la cantidad de balonas fabricadas en el mes gracias al Kanban de producción, este Kanban es analizado e implementado diariamente como una de las funciones principales del control de la producción, el programador en base al inventario de entregas y producto terminado debe decidir que más se debe producir, que se necesita para ello (materia prima, insumos, capital humano) y así cumplir con la meta de producción cada mes.

Esta meta se cumple mediante la correcta programación de la producción, misma que se realiza con la generación de ordenes de producción, entregadas a cada supervisor con la finalidad de indicarles que deben hacer y cuanto deben entregar al final del turno (ver Fig. 50).


		ORDEN DE PRODUCCION BALONAS	
22/05/2021		No. ORDEN DE PRODUCCION: 226	
TURNO:	VERDE	ESTATUS:	
MODELO:	6 PROLAMSA	LINEA DE PRODUCCION:	BLANCO
TOTAL DE CARRITES:	100	MATERIA PRIMA:	
CANTIDAD	BALONAS	TERMINADO	EN PROCESO
200	1 1/2" X 26"		
	1 1/2" X 26"		

Figura 50. - Ejemplo de orden de producción (elaboración propia, 2022).

Para comenzar con el análisis del comportamiento tanto de la maquina como del operador con ella, es necesario capacitar al personal en el uso de la nueva implementación, se solicita una junta con los supervisores para así poder ilustrar el funcionamiento, alimentación, lubricación, posibles fallas que los mismos operadores pueden resolver y cuando es necesario que intervenga el departamento de mantenimiento. Posterior a esto, se realiza una demostración con ayuda de los operadores involucrados en la fase de pruebas dando los pormenores de operación ya mencionados a toda la plantilla de trabajo, ya que los operadores son multifuncionales y deben conocer al menos cómo funciona la máquina.

Una vez capacitado el personal se realiza el clavado de balona supervisado a detalle tomando en cuenta la presión de aire, la cantidad de clavos por circunferencia de clavado, el cuidado y lubricación de pistolas así como la purga de las unidades de mantenimiento, hasta llegar al punto de dejar a los operadores adaptarse y continuar con el flujo de trabajo, la figura 51 muestra el aprisionamiento de la balona gracias al centro elevador, lista para girarse y clavarse como se muestra en la figura 52 con el mínimo accionar de la base con las pistolas neumáticas.



Figura 51.- *Aprisionamiento de balona.*



Figura 52.- *Uso de clavadora neumática*

La máquina con el paso de los días presenta una mejora significativa en los números de producción y de calidad, opera eficientemente y se nota la mejora para los operadores, estos datos se presentan continuación como los resultados obtenidos.

3.3 Presentación de resultados

A continuación, se realiza la presentación de los resultados pasado un mes de operación, realizando el corte de inventarios y la revisión del Kanban de producto enviado al cliente, estos resultados se dividen en los tres principales puntos a mejorar con el proyecto, los cuales son productividad, calidad y ergonomía.

3.3.1 Incremento en la productividad

El primer incremento ocurre en temas de productividad de la plantilla de trabajo que fabrica balonas, las cantidades de producto terminado se recopilan del Kanban y se presentan a continuación, para posteriormente realizar el cálculo de la productividad en cuestión de las horas-hombre por producto terminado en contra de la producción del mes anterior (ver Tabla 17).

Tabla 17.- Producción antes y después de la clavadora neumática (modelos medianos)

Producción de balonas		
Modelo	Octubre (sin clavadora)	Noviembre (con clavadora)
10 especial 42" X 22" X 14"	0	88
11 normal 48" X 22" X 18"	40	76
11 GTR 46" X 30" X 18"	0	52
12 normal 53" X 32" X 24"	90	58
11 reforzado 45" X 22" X 18"	62	62
12 reforzado 52" X 30" X 24"	94	70

Para obtener el cálculo de las horas hombre utilizamos la fórmula 5 :

$$\text{Hora – hombre} = \text{cantidad de personas laborando} \times \text{hora labor} \quad (5)$$

Si el total de horas de labor en la empresa es de 2 turnos de 8 horas diarias y se cuenta con 2 operadores por turno para el clavado tradicional, que producen determinadas unidades de producto en 26 días laborables, es decir, luego de eliminar los días domingo y días feriados tenemos como resultado lo siguiente.

Para el carrete 11 normal en el mes de octubre:

$$H - H = 2(8) \times 2(2) \times 26 = 1664$$

Después de esto, se utiliza la expresión 6 para calcular la productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Piezas producidas}}{\text{Horas-Hombre}} \quad (6)$$

Donde:

Piezas producidas = 40

Horas – Hombre= 1664

Por lo tanto:

$$\text{Productividad} = \frac{40}{1664} = 0.024$$

Esto quiere decir que la empresa está clavando aproximadamente 2.4 balonas del carrete 11 normal por hora y trabajador, así la hora hombre es de 2.4 piezas.

Para el mes de noviembre y con la clavadora instalada, la cantidad de operadores necesarios se reduce a uno solo:

$$H - H = 2(8) \times 2(1) \times 26 = 832$$

Utilizando la expresión 6 de cálculo de productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{76}{832} = 0.091$$

Esto quiere decir que con la maquina en funcionamiento la empresa está clavando 9.1 balonas del carrete 11 normal por hora y trabajador, aumentando considerablemente la productividad.

Otro ejemplo de esto puede ser para el carrete 12 reforzado, en el mes de octubre:

$$H - H = 2(8) \times 2(2) \times 26 = 1664$$

Utilizando la expresión 6 para obtener la productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{94}{1664} = 0.056$$

Quiere decir que la empresa está clavando 5.6 balonas del carrete 12 reforzado por hora y trabajador, así la hora hombre es de 5.6 piezas.

Del mismo modo para el mes de noviembre se reduce a un solo operador para el proceso de clavado :

$$H - H = 2(8) \times 2(1) \times 26 = 832$$

Utilizamos la expresión 6 de productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{70}{832} = 0.084$$

Por lo tanto, se puede deducir que con la maquina en funcionamiento la empresa está clavando un aproximado de 8.4 balonas del carrete 12 reforzado por hora y trabajador, demostrando un incremento en la productividad a pesar de haber producido menos balonas, esto debido a la reducción de un solo operador para clavar, es necesario aclarar que estos cálculos están enfocados a la productividad del proceso de clavado, no involucran más procesos ni más operadores.

Utilizando esta expresión de cálculo de productividad para los demás modelos durante ambos meses, se elabora la tabla 18 en Excel con los datos recabados y así, poder obtener un porcentaje mediante fórmulas del aumento de la productividad durante todo el mes:

Tabla 18.- Productividad en el clavado de balonas

Modelo	Productividad de Octubre	Productividad de Noviembre	Aumento %
10 especial	0	0.105769231	0
11 normal	0.024038462	0.091346154	280
11 GTR	0	0.0625	0
12 normal	0.054086538	0.069711538	28.88888889
11 reforzado	0.037259615	0.074519231	100
12 reforzado	0.056490385	0.117788462	108.5106383

Fuente: *Elaboración propia, 2022*

Como se puede observar, el aumento en la productividad para los carretes 12 reforzado, 11 reforzado y 11 normal es muy amplio a pesar de que se fabricaron menos piezas, esto se debe a la eliminación de un operador para realizar el proceso, ya que calcular la productividad está en función del tiempo.

Por otro lado, y para tener una mejor perspectiva en cuanto al incremento de la productividad, la tabla 19 muestra de forma general el crecimiento de esta incluyendo los dos modelos que en mes de octubre no tuvieron cantidades para analizar debido a que se prioriza la producción conforme a la demanda del cliente.

Tabla 19.- Productividad total de balonas de tamaño mediano

Productividad total de balonas de tamaño mediano (x piezas)		
Productividad total de octubre	Productividad total de noviembre	Aumento %
0.171875	0.521634615	203.4965035

Fuente: *Elaboración propia, 2022.*

Así, queda comprobado que los datos de productividad observados en el proceso de clavado de balonas incremento en más del 200% debido a la implementación de las mejoras propuestas, a pesar de que en algunos casos se produjeron menos piezas, la disminución en el tiempo de operación causa que se dé espacio a fabricar más modelos siempre priorizando la urgencia y necesidad del cliente.

3.3.2 Incremento en la calidad

A continuación, se presenta el incremento en temas de calidad del producto clavado, antes, presentaba rotura de madera por los impactos directos de la pistola neumática y los clavos por fuera de la superficie, además de caras muy maltratadas y golpeadas, sumado a los desniveles por una mala unión de tablas (ver Fig. 53).



Figura 53. - *Defectos de calidad en el clavado de balonas*
(elaboración propia, 2022).

Como se puede observar, la madera cuenta con múltiples golpes ocasionados al intentar nivelar las tablas, esto causa que la madera se quiebre, hay clavos que no están bien insertados en la madera dejándolos a la vista, sumado a un clavado no uniforme y con múltiples agujeros por impactos de pistola que no deberían realizarse, todos estos defectos causan una deficiencia de calidad en el proceso, motivo por el cual pueden haber rechazos de material por parte del cliente, generando multas de hasta \$100,000.00 MN en casos de carretes muy caros, como por ejemplo un 12 reforzado, por el tipo de devanado que se le realiza y que puede

llegar a romperse el recubrimiento del cable o el mismo cable, entre otros problemas. Al implementar la maquina clavadora neumática y con todas las mejoras que se le implementaron al proceso, la balona queda clavada con una secuencia más uniforme, se elimina el golpe repetitivo de las pistolas para sumir los clavos y al entrar al mismo tiempo los clavos las tablas terminan más unidas y no es necesario golpearlas o utilizar prensas para cerrar las aberturas, la figura 54 ilustra el resultado obtenido al clavar una balona con esta máquina, como se puede observar estéticamente se ve mucho mejor, libre de golpes de martillo o agujeros de pistola innecesarios, presentando una unión de tablas y en general un producto de una calidad muy superior.



Figura 54.- Carrete ensamblado con balonas clavadas con la máquina clavadora neumática (elaboración propia, 2022).

El producto final presentado anteriormente, cumple con los requisitos solicitados por el cliente tanto en su ensamble como en su fabricación, procesos adicionales como el maquinado de las balonas, el pulido de superficies, fabricación de duelas y varillas roscadas tienen sus propios métodos de manufactura y de control del proceso,

ahora con la mejora proporcionada por la nueva maquinaria el clavado también cuenta con una mejor forma para evaluar y llevar a cabo el registro y seguimiento de diversos indicadores o KPI's relacionados a la calidad del producto.

Medir un proceso es básico ya que nos permite saber si dicho proceso es efectivo, si funciona correctamente, si es productivo, si nos ayuda a economizar las tareas, por lo cual es necesario definir algunos KPI's que pueden apoyar la nueva máquina y así efficientar el proceso además de ayudar a medir el desempeño de esta, estos indicadores se definen para la maquina clavadora neumática y se presentan a continuación:

1. **Para la máquina:** ¿cuál es el nivel de fallo o error de la máquina para clavar balonas de madera?
2. **Para los defectos:** ¿cuál es el número de balonas defectuosas que se generan durante un día, una semana, un mes?
3. **Para las interrupciones:** ¿cuántas interrupciones se encuentra el operario durante el renovado proceso de clavado?
4. **Para la calidad en general:** ¿cuál es el nivel de calidad de las balonas, proceso de clavado o área de producción de balonas?

Todos estos indicadores se deben implementar con la finalidad de seguir monitoreando el funcionamiento de la mejora, haciendo de conocimiento general a los operadores de estos indicadores, los cuales no deben ser muy difíciles de calcular pero si deben ser estrictos, olvidando cualquier aspecto superfluo. Los beneficios que se presentan después de implementar este sistema con indicadores de calidad en la empresa serán múltiples, tales como:

1. Un mayor control del proceso, por lo que se podrá mejorarlo en cuanto empiece a fallar o a dar resultados no tan positivos.
2. Se garantizan los resultados que se esperan del proceso y las plantillas de trabajo.

-
3. Sabiendo cuál es el error y por qué ocurre, es posible darle solución de una forma efectiva y rápida, sin afectar el resto del proceso ni generar costes innecesarios.
 4. Es una herramienta muy útil para poder mantener los estándares de calidad de la empresa y así implementarlo en otras áreas.

3.3.3 Seguridad e higiene

Como ya se mencionó anteriormente, el proceso tradicional de clavado de balonas puede ser muy riesgoso para el operador ya que está en contacto directo con herramientas que, si se desconoce cómo utilizarlas pueden ser muy peligrosas para sí mismo y para terceros, además de que el material a trabajar por sus dimensiones puede ser muy difícil de manipular, ocasionando lesiones en el cuerpo y extremidades. A continuación, la figura 55 muestra como al insertar la balona el operador no introduce las manos para levantar o acomodar el material, siempre quedan fuera del área de trabajo.

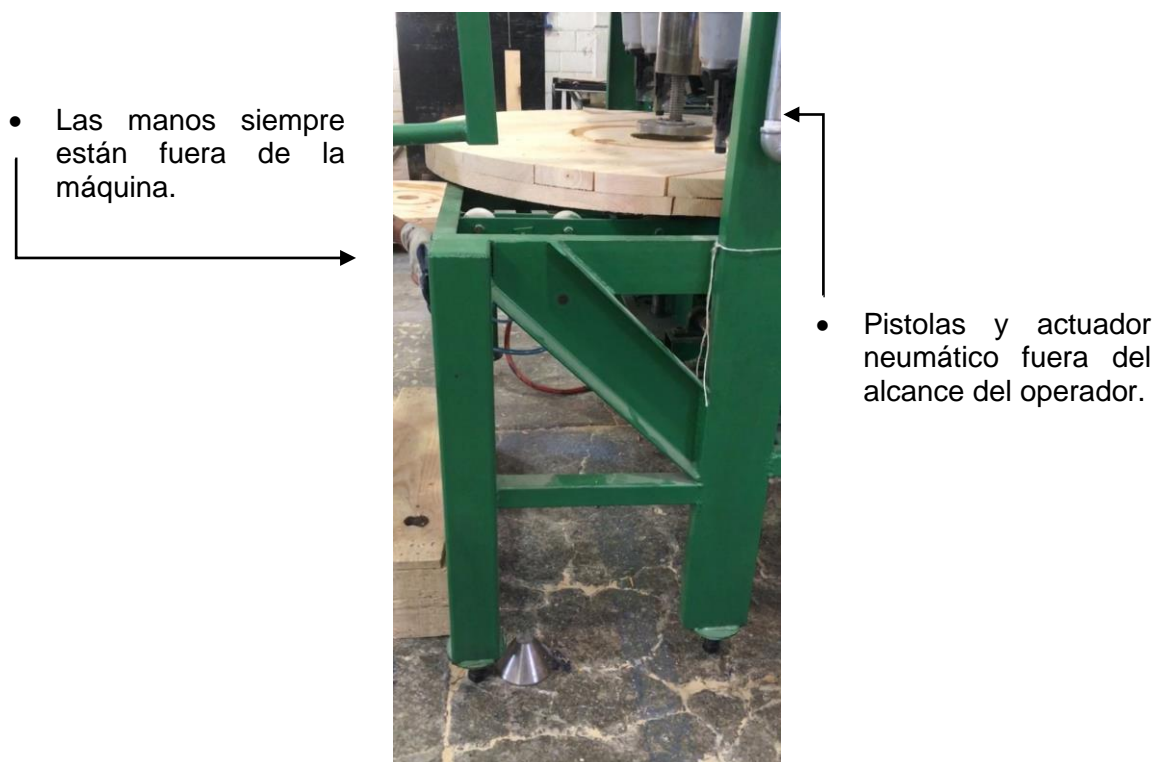


Figura 55.- Riesgos fuera del alcance del operador
(elaboración propia, 2022)

Habiendo puesto en práctica estos métodos para salvaguardar la integridad física del operador, es visible que el área de operación se limita únicamente a la máquina, la alimentación no está en contacto con el área de funcionamiento eliminando riesgos de daño a mangueras, el proceso es más amigable y cómodo, muestra de ello es la forma sencilla de accionar el centro elevador seguido de la operación de clavado, únicamente se necesita una pequeña aplicación de fuerza con un solo brazo, mientras con el otro se le proporciona el giro, logrando así que con una única vuelta de balona, esta quede completamente unida (ver Fig. 56).

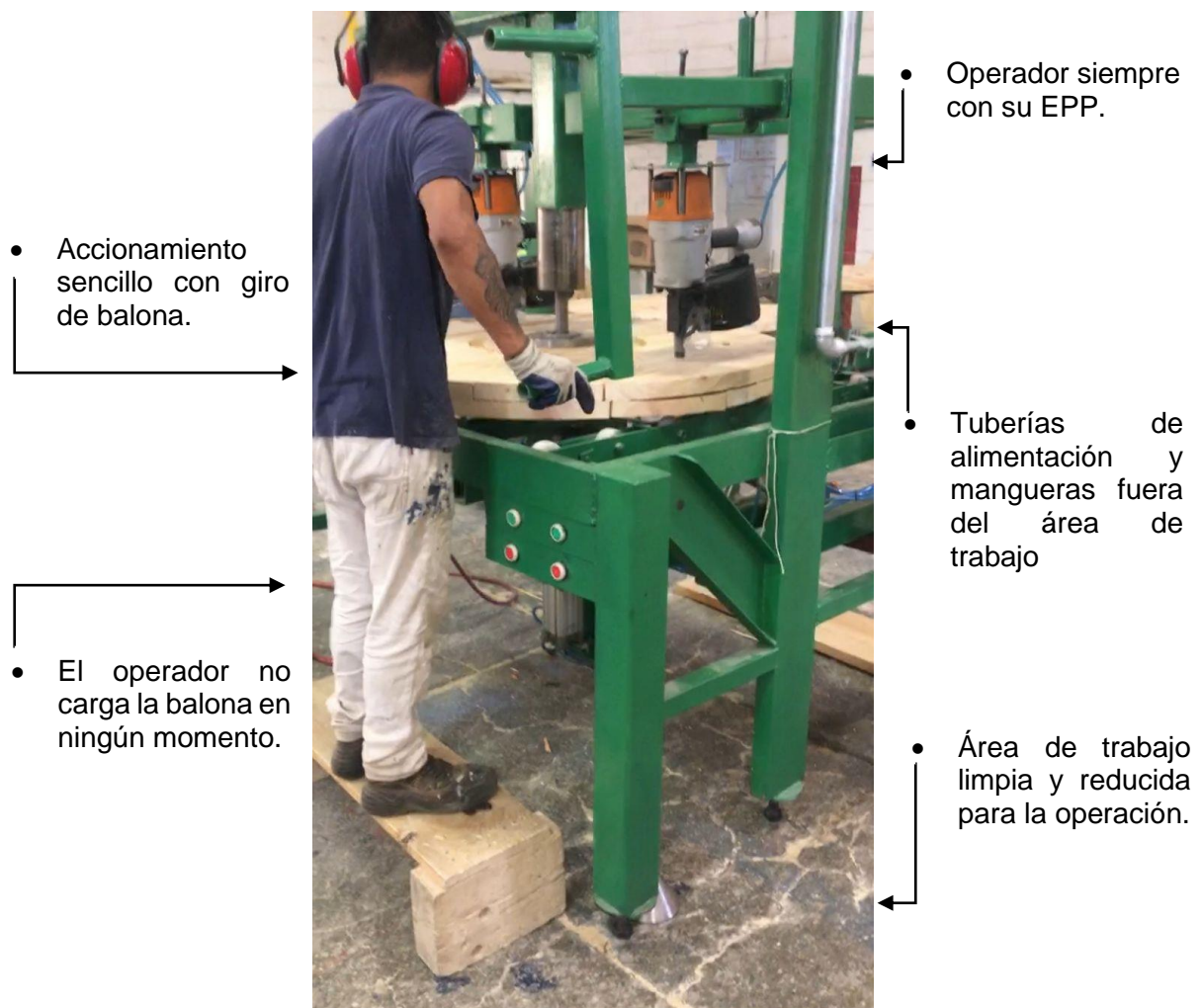


Figura 56.- Operación cómoda y segura para el operador
(elaboración propia, 2022)

De esta forma, queda comprobado que hay un avance notable en cuanto a la seguridad e higiene en esta parte del proceso, generando un gran cambio no solo en el clavado de balonas sino también en la mentalidad y capacitación del operador, facilitando así una mejora similar en otras operaciones. Una vez presentado los resultados en los tres ámbitos principales a atacar, el consumo de materiales para la fabricación se ve automáticamente resultado, ya sea en la disminución en el desperdicio de clavos, las fugas de aire o la necesidad de utilizar otros materiales para realizar reparaciones innecesarias.

Así, se concluye que la máquina es funcional, opera según los criterios y condiciones de diseño, mostrando un desempeño óptimo y con un gran potencial de mejora ya que es un cambio que es necesario y efectivamente soluciona el problema presentado.

IMPACTO DE LA EXPERIENCIA LABORAL

El impacto generado gracias a la experiencia laboral de acuerdo con el proyecto realizado se puede dividir en dos partes fundamentales; la primera, centrada en los resultados y mejoras presentadas en la empresa donde se realizaron las actividades, y la segunda parte con respecto a los conocimientos aplicados y puestos en marcha acorde al perfil profesional.

Así, los resultados obtenidos durante el desarrollo de la experiencia laboral una vez concluido el proyecto son los siguientes:

1. Fortalecimiento del área de mejora continua al proceso productivo con el diseño de nueva maquinaria.
2. Innovación del método de fabricación de maquinaria apoyada por software CAD.
3. Aprovechamiento y uso adecuado de la energía neumática.
4. Aumento en la productividad total en modelos de tamaño mediando de hasta un 203% después del primer mes de funcionamiento.
5. Reducción de un operador para el proceso de clavado permitiendo emplearlo algún otro punto de la línea de producción.

-
6. Eliminación de factores que causan defectos de calidad en el proceso de clavado, tales como: rotura de madera, clavos por fuera de la superficie, desniveles entre tablas y golpes sobre la superficie.
 7. Propuesta de implementación de indicadores KPI's para evaluar el desempeño de la maquina en sus condiciones óptimas de operación.
 8. Incremento a la seguridad del proceso, gracias al diseño y funcionamiento de la máquina, elimina operaciones de carga manual de balonas, intervención accidental de operadores cuando se opera la máquina, así como daños a mangueras y pistolas neumáticas.
 9. Mayor comodidad al realizar el proceso de clavado, limpieza y orden en el área de trabajo
 10. Ahorro de aire, disminución en el desperdicio del clavo así como reducción de tiempos muertos por reprocesos de reparación manual de producto dañado.

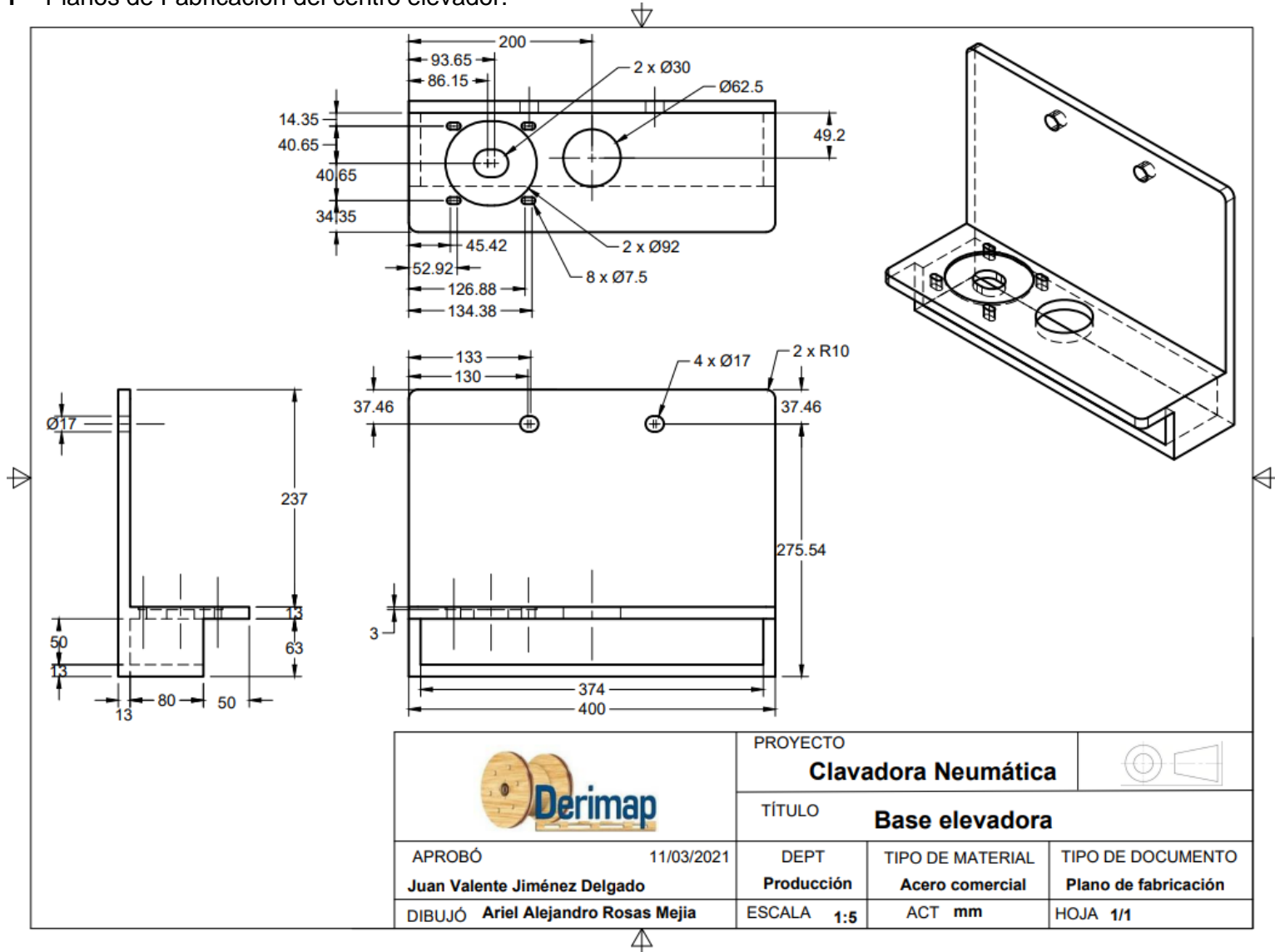
El impacto generado en las capacidades desempeñadas y al perfil profesional son del mismo modo presentadas durante todo el trabajo escrito, demostrando la relevancia de las actividades y una importancia sobresaliente para el proceso productivo en la empresa dentro de su propio gremio. Todo lo anterior refleja un aprendizaje importante así como un gran desarrollo profesional, ya que se está realizando una gran aportación a la empresa donde se llevó a cabo el proyecto que no se podría realizare sin la correcta aplicación de conocimientos y habilidades que son propias de un profesionista de ingeniería en producción industrial.

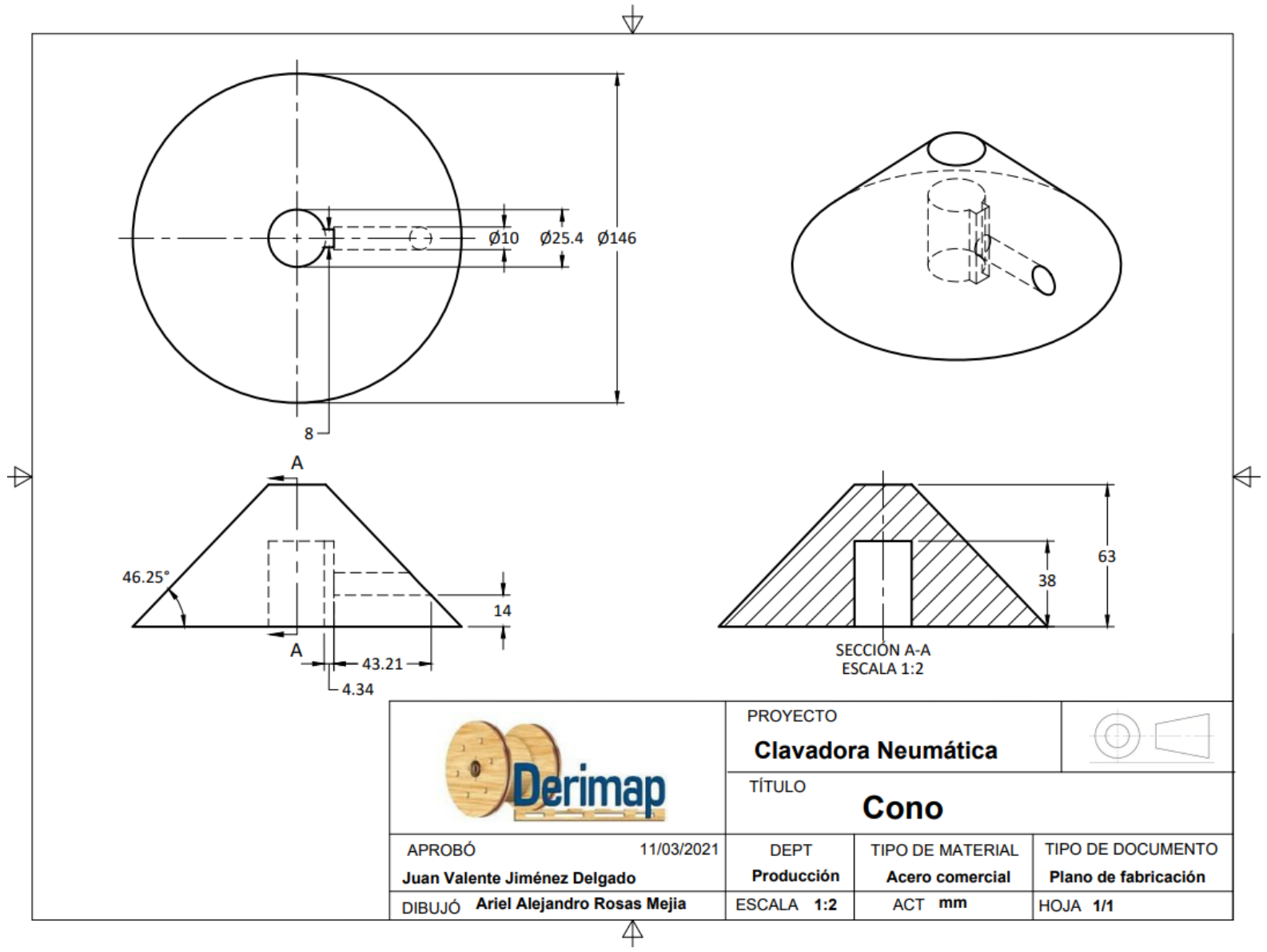
REFERENCIAS DE CONSULTA


- Bostitch. (2022) *Especificaciones técnicas*. Obtenido de <https://www.grainger.com.mx/>
- Evans. (2017) *Ficha técnica. Compresor de aire lubricado 2 etapas 5HP*. Obtenido de <https://evans.com.mx/compresor-2-etapas-5hp-500l-e230me500-500.html>
- Norelem. (2022) *Catálogo de productos*. Obtenido de <https://www.norelem.mx/mx/es/Inicio.html>
- Norton, L. (2009). *Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos* (4 ed.). México: Mc Graw Hill.
- Pérez, J. M. (19 de septiembre de 2020). *Tipos de uniones en estructuras de madera*. Obtenido de <https://www.maderea.es/tipos-de-uniones-en-estructuras-de-madera/>
- SMC Corporation México (2022). *Catálogo de productos*. Obtenido de <https://smc.com.mx/productos-smc/>
- Solís, J. (2008). *Diseño para Six Sigma en el Montaje de Carretes de Madera*. Tesis de Licenciatura.
- Tucubal, L. (2019). *Diseño y construcción de un circuito neumático para la planta de producción y mejora del proceso productivo de muebles de la empresa artindustria, ubicada en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango*. Tesis de Licenciatura.

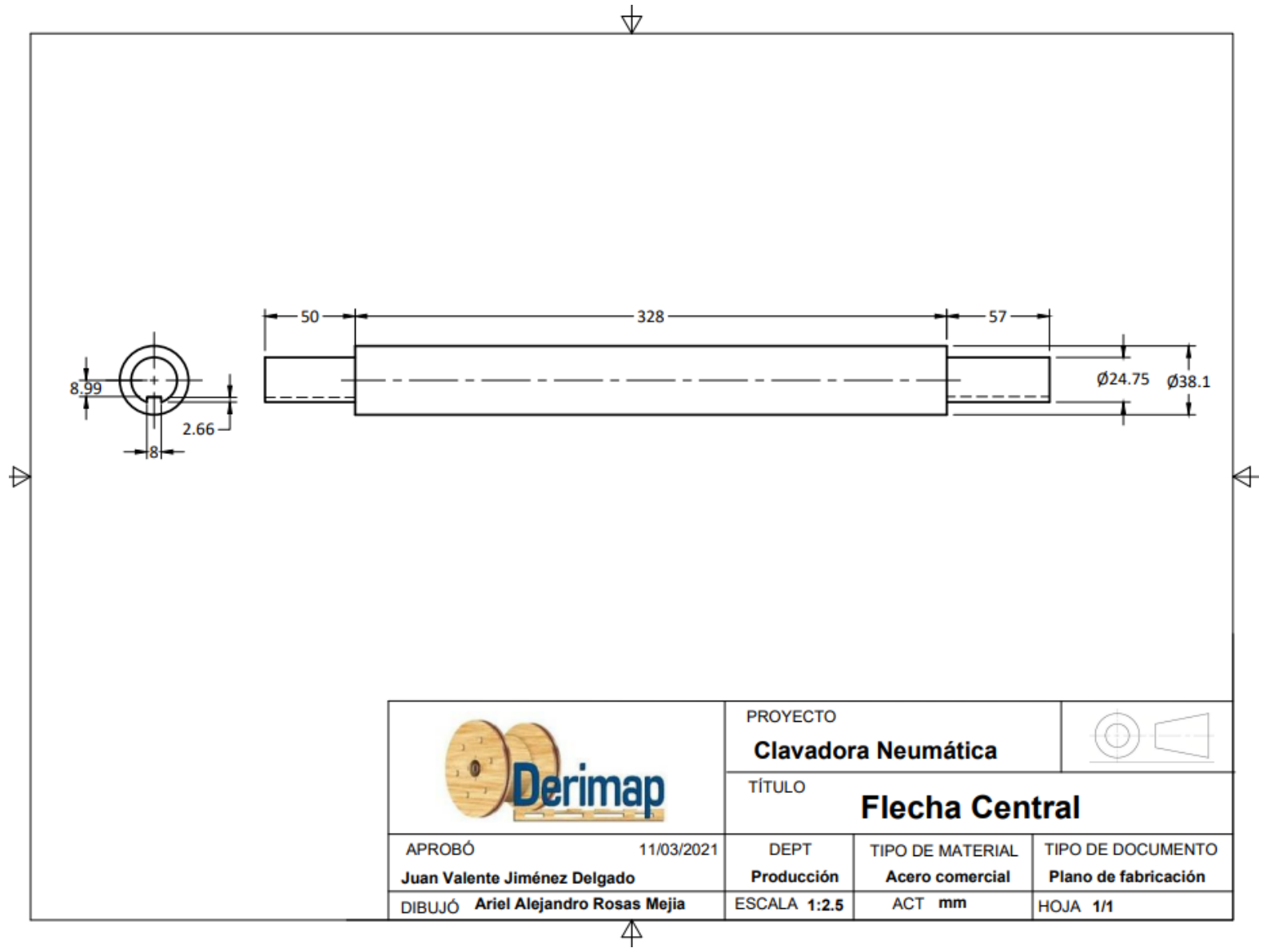
ANEXOS



Anexo 1 – Planos de Fabricación del centro elevador.

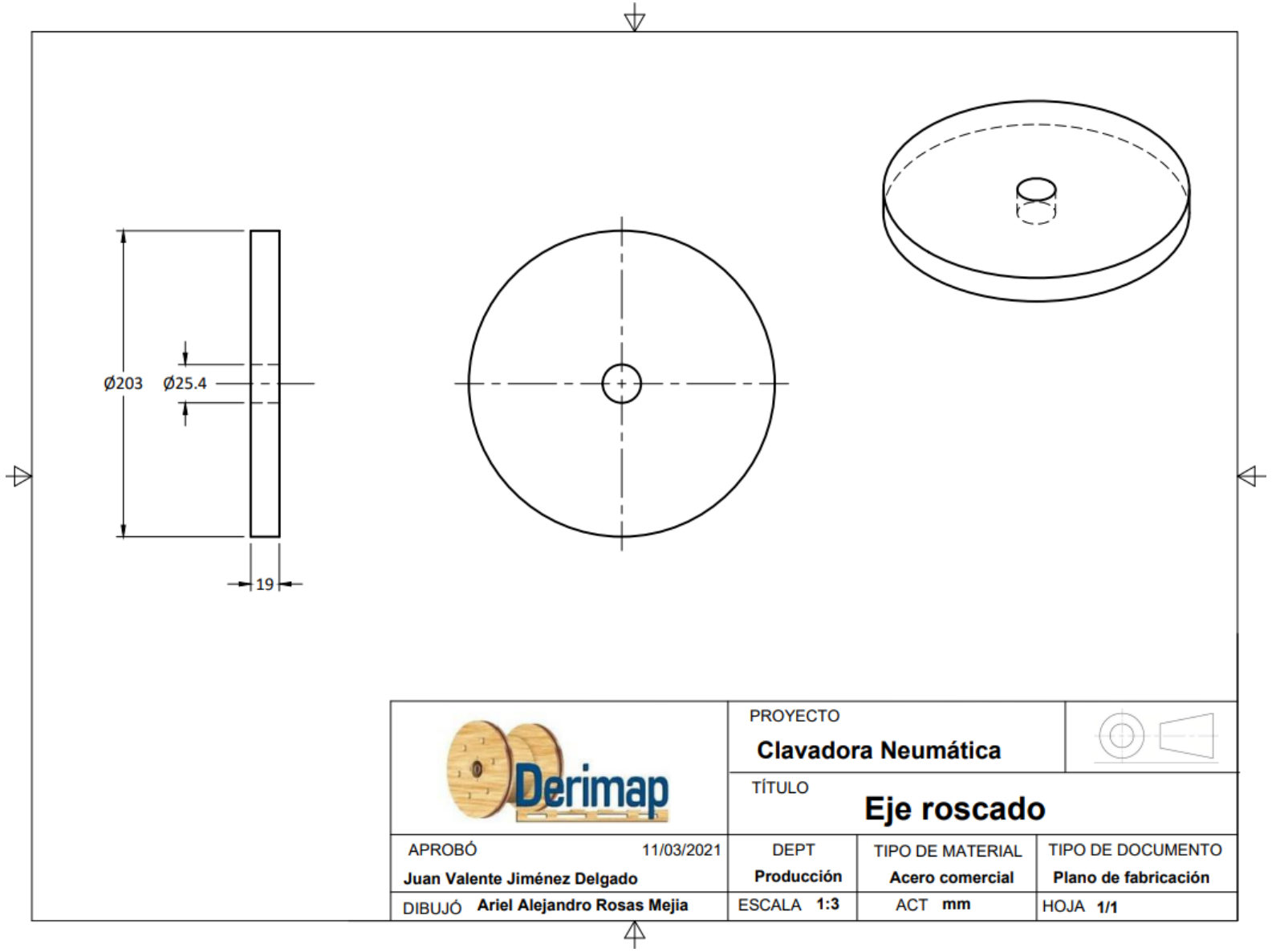





	PROYECTO Clavadora Neumática			
	TÍTULO Cono			
APROBÓ Juan Valente Jiménez Delgado	11/03/2021	DEPT Producción	TIPO DE MATERIAL Acero comercial	TIPO DE DOCUMENTO Plano de fabricación
DIBUJÓ Ariel Alejandro Rosas Mejia	ESCALA 1:2	ACT mm	HOJA 1/1	

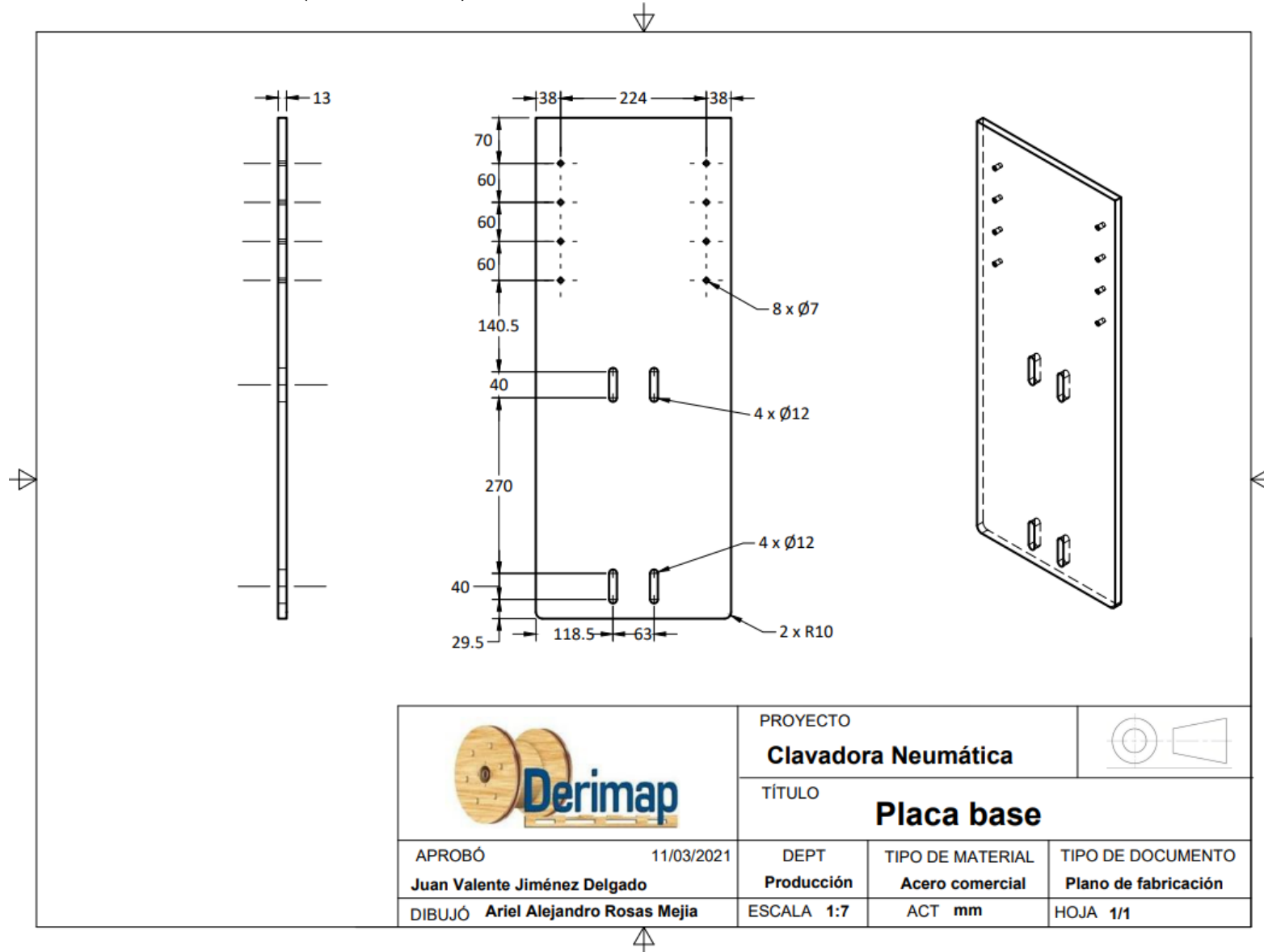


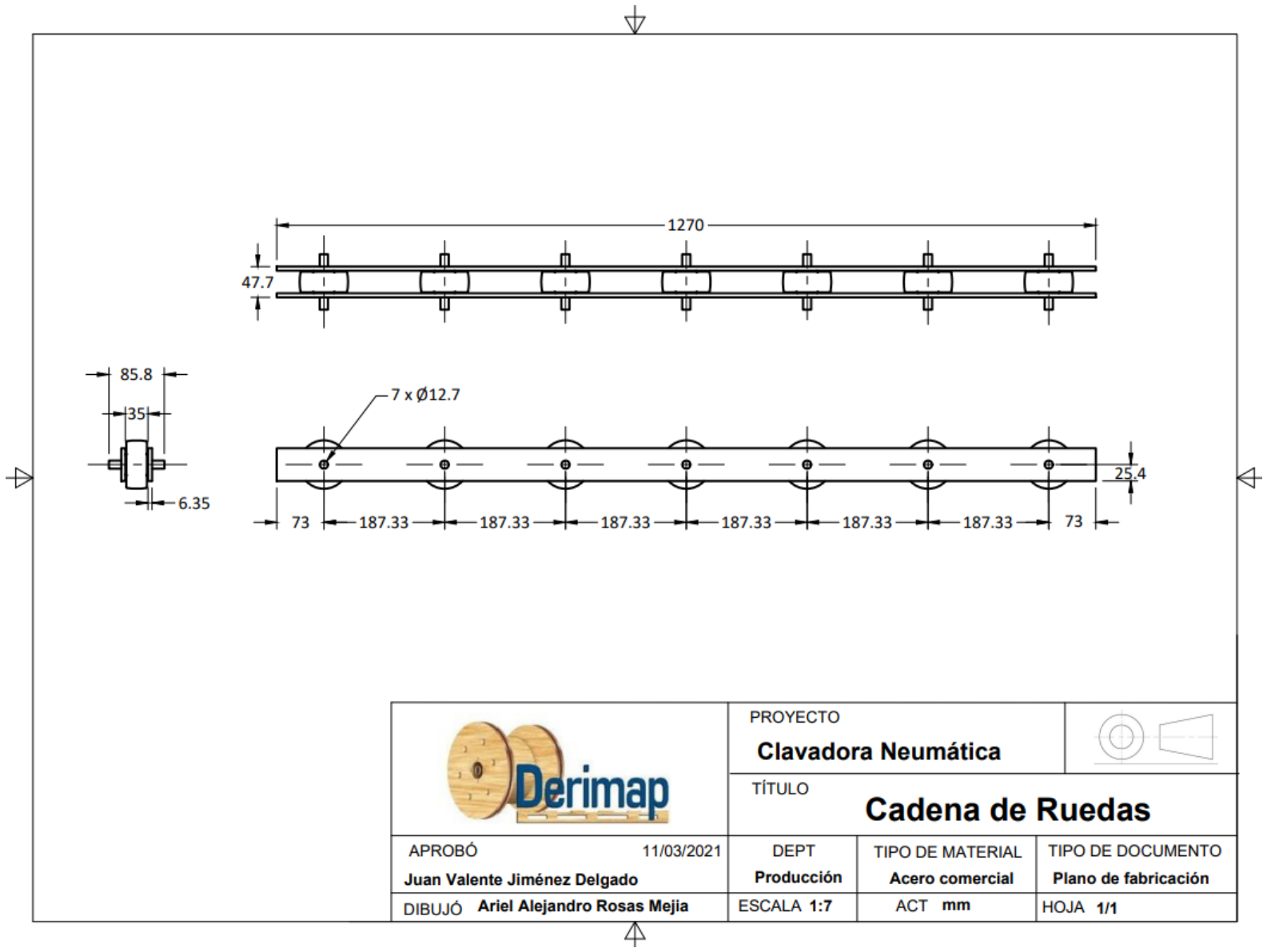
	PROYECTO Clavadora Neumática		
	TÍTULO Flecha Central		
APROBÓ Juan Valente Jiménez Delgado	11/03/2021	DEPT Producción	TIPO DE MATERIAL Acero comercial
DIBUJÓ Ariel Alejandro Rosas Mejia	ESCALA 1:2.5	TIPO DE DOCUMENTO Plano de fabricación	ACT mm
		HOJA 1/1	





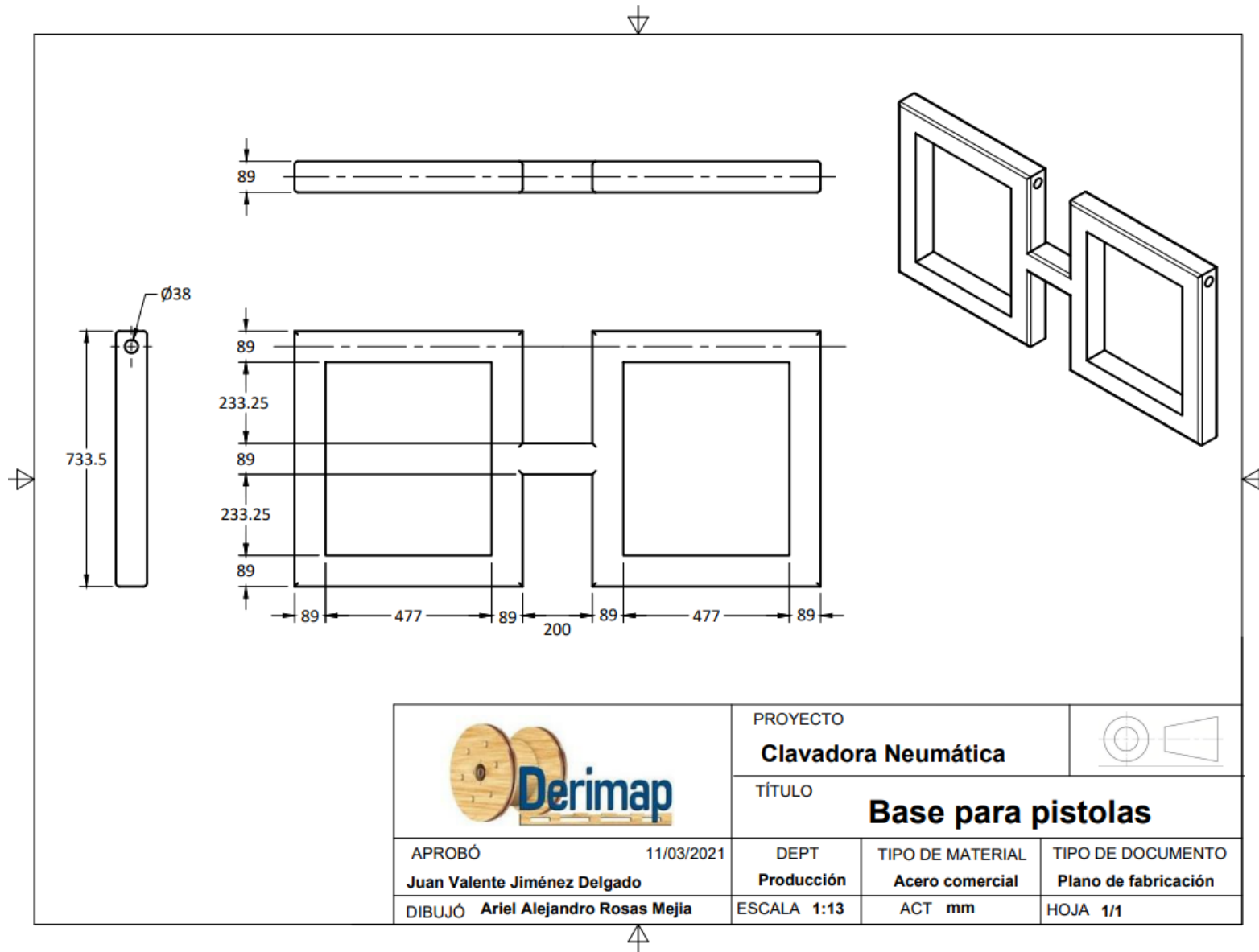
	PROYECTO Clavadora Neumática		
	TÍTULO Eje roscado		
APROBÓ Juan Valente Jiménez Delgado	11/03/2021 DEPT Producción	TIPO DE MATERIAL Acero comercial	TIPO DE DOCUMENTO Plano de fabricación
DIBUJÓ Ariel Alejandro Rosas Mejia	ESCALA 1:3	ACT mm	HOJA 1/1

Anexo 2 – Planos de Fabricación (Oficial Herrero)





	PROYECTO Clavadora Neumática		
	TÍTULO Cadena de Ruedas		
APROBÓ Juan Valente Jiménez Delgado	11/03/2021	DEPT Producción	TIPO DE MATERIAL Acero comercial
DIBUJÓ Ariel Alejandro Rosas Mejia	ESCALA 1:7	TIPO DE DOCUMENTO Plano de fabricación	ACT mm HOJA 1/1



	PROYECTO Clavadora Neumática		
	TÍTULO Base para pistolas		
APROBÓ Juan Valente Jiménez Delgado	11/03/2021	DEPT Producción	TIPO DE MATERIAL Acero comercial
DIBUJÓ Ariel Alejandro Rosas Mejía	ESCALA 1:13	TIPO DE DOCUMENTO Plano de fabricación	HOJA 1/1

Anexo 3 – Órdenes de Compra a proveedores.



Domicilio fiscal

Calle: CARRETERA MEXICO TEOTIHUACAN KM 34.5 No. BODEGA 1, Col. NO ESPECIFICADA EN EL CATALOGO, CP: 55875, ACOLMAN, MEXICO.

Calle: CARRETERA MEXICO TEOTIHUACAN KM 34.5, Col. TEPEXPA, CP: 55885, ACOLMAN, MEXICO

Proveedor: (14)
FERRE BARNEDO SA DE CV

ORDEN No. : 000000547

Fecha: 28/05/2021

Almacen: 1

Calle: AV REVOLUCION No. 81, Col. SAN CRISTOBAL, ECATEPEC, MEXICO. RFC: FBA830114618

Entregar a: TEPEXPA

Cantidad	Producto	Descripción	% Desc.	Costo unitario	Importe
1.020000	SOL75400	SOLERA 3/4 X 4 * (20FT) 19.1Mm x 101.6Mm (6.10M)	0.00	24,700.000000	25,194.000000
0.500000	VAR0500236	REDONDO DE 1/2 X 20 FT (600CM) 12.7Mm (6.10 M) Grado A-36	0.00	24,100.000000	12,050.000000
0.510000	VAR0100236	REDONDO 1 X 20 FT (600CM) 25.4Mm (6.10M) Grado A-36	0.00	24,100.000000	12,291.000000
0.070000	PTR4X4	PTR 4" X 4" CAL.9 VERDE 101.6Mm x 101.6Mm	0.00	44,700.000000	3,129.000000
0.230000	SOL25300	SOLERA 1/2" X 3 * (20 Ft) 12.7Mm x 76.2Mm (6.10M)	0.00	24,700.000000	5,681.000000

Subtotal	58,345.00
Descuento	0.00
Desc. Fin.	0.00
I.E.P.S.	0.00
IVA	0.00
	0.00
I.V.A.	9,335.20
Total	67,680.20

SESENTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS OCHENTA PESOS 20/100 M.N.

**Dom icilio fiscal**

Calle: CARRETERA MEXICO TEOTIHUACAN KM 34.5 No. BODEGA 1, Col. NO ESPECIFICADA EN EL CATALOGO, CP. 55875, A COLMAN, MEXICO.

Calle: CARRETERA MEXICO TEOTIHUACAN KM 34.5, Col. TEPEXPAN, CP: 55885, A COLMAN, MEXICO

Proveedor: (71)
NORELEM**ORDEN No. :** 0000000436**Fecha:** 05/01/2021**Almacen:** 8

Calle: AV. SANTIAGO PONIENTE No. 116, Col. CIUDAD SATELITE, CP: 78423, SAN LUIS POTOSI, SAN LUIS POTOSI. RFC: NOR160901DC8

Entregar a: TEPEXPA

Cantidad	Producto	Descripción	% Desc.	Costo unitario	Im porte
2.000000	POLEACORREADENT 22003-051042 POLEA DE CORREA DENTADA PROFIL AT5 B=15, N=42, FORMA:A ALUMINIO, COMP:ACERO	POLEA DE CORREA DENTADA PROFIL AT5	0.00	324.240000	648.480000
1.000000	RODODILLOCONICO 23825-102506217 ROD. RODILLOS CÓNICOS DE UNA FILA, D=25 D1=62 B2=18,25 ACERO APOYO CILIN.COMP:ACERO	ROD. RODILLO CONICOS DE UNA FILA	0.00	645.680000	645.680000
1.000000	RODCARCA RECTO 24200-40208 RODAMIENTO DE CARCASA SOPORTE RECTO, D=40 FUNDICIÓN GRIS, UCP	RODAMIENTO DE CARCASA SOPORTE	0.00	607.040000	607.040000
1.000000	CORREADENTAT5 22057-0510X0455 CORREA DENTADA PROFIL AT5, N=91,L1=455, POLIURETANO GRIS	CORREA DENTADA PROFIL AT5	0.00	228.200000	228.200000
8.000000	CARROESTANDAR 21400-25108801 CARRO GUÍA ESTÁNDAR TA.25 L3=88 B1=48 ACERO TEMPLE+REVENIL, COMP:ACERO APOYO CILIN.	CARRO GUÍA ESTANDAR TA.25 L3=88	0.00	1,478.400000	11,827.200000
4.000000	CARRILGUIA 21410-1520X0520 CARRIL GUÍA TA.15 L=520 ACERO, L1=20	CARRIL GUIA TA.15 L=520 ACERO L1=20	0.00	1,496.600000	5,986.400000
28.000000	RUEDAPOLIAMIDA 95064-07532 RUEDA DE POLIAMIDA SIN SISTEMA DE BLOQUEO, FORMA:A POLIAMIDA, SIN CARCASA	RUEDA DE POLIAMIDA S/SISTEMA DE	0.00	281.960000	7,894.880000
4.000000	RODCARCASABRIDAD 24215-40208 RODAMIENTO DE CARCASA RODAMIENTO ABRDADO, D=40 FUNDICIÓN GRIS, UCFL	RODAMIENTO CARCASA ABRIDADO D=40	0.00	526.680000	2,106.720000
1.000000	SERVENIO	SERVICIO DE ENVIO	0.00	250.000000	250.000000
Subtotal					30,194.60
Descuento					0.00
Desc. Fin.					0.00
I.E.P.S.					0.00
IVA					0.00
					0.00
I.V.A.					4,831.14
Total					35,025.74

TREINTA Y CINCO MIL VEINTICINCO PESOS 74/100 M.N.

**Domicilio fiscal**

Calle: CARRETERA MEXICO TEOTIHUACAN KM 34.5 No. BODEGA 1, Col. NO ESPECIFICADA EN EL CATALOGO, CP: 55875, A COLMAN, MEXICO.

Calle: CARRETERA MEXICO TEOTIHUACAN KM 34.5, Col. TEPEXPAN, CP: 55885, A COLMAN, MEXICO

Proveedor: (70)
SMC CORPORATION MEXICO S.A. DE C.V.

ORDEN No.: 000000440

Fecha: 06/01/2021

Almacen: 8

Calle: CARRETERA SILAO TREJO No. KM.2.5, Col. SN JOSE DEL DURAZNO, CP: 36100, SILAO GUANAJUATO, GUANAJUATO. RFC: SCMB91206QV5

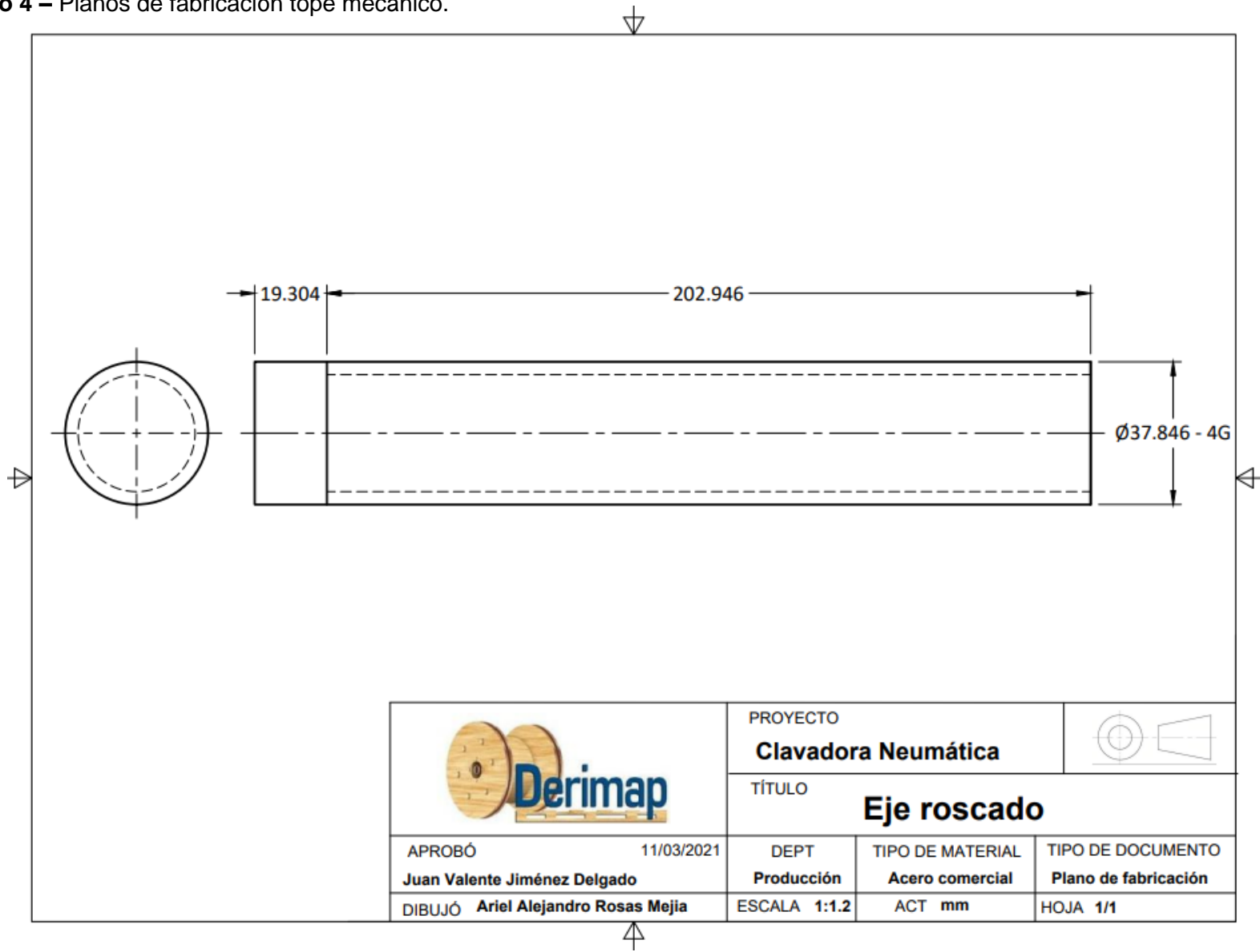
Entregar a:

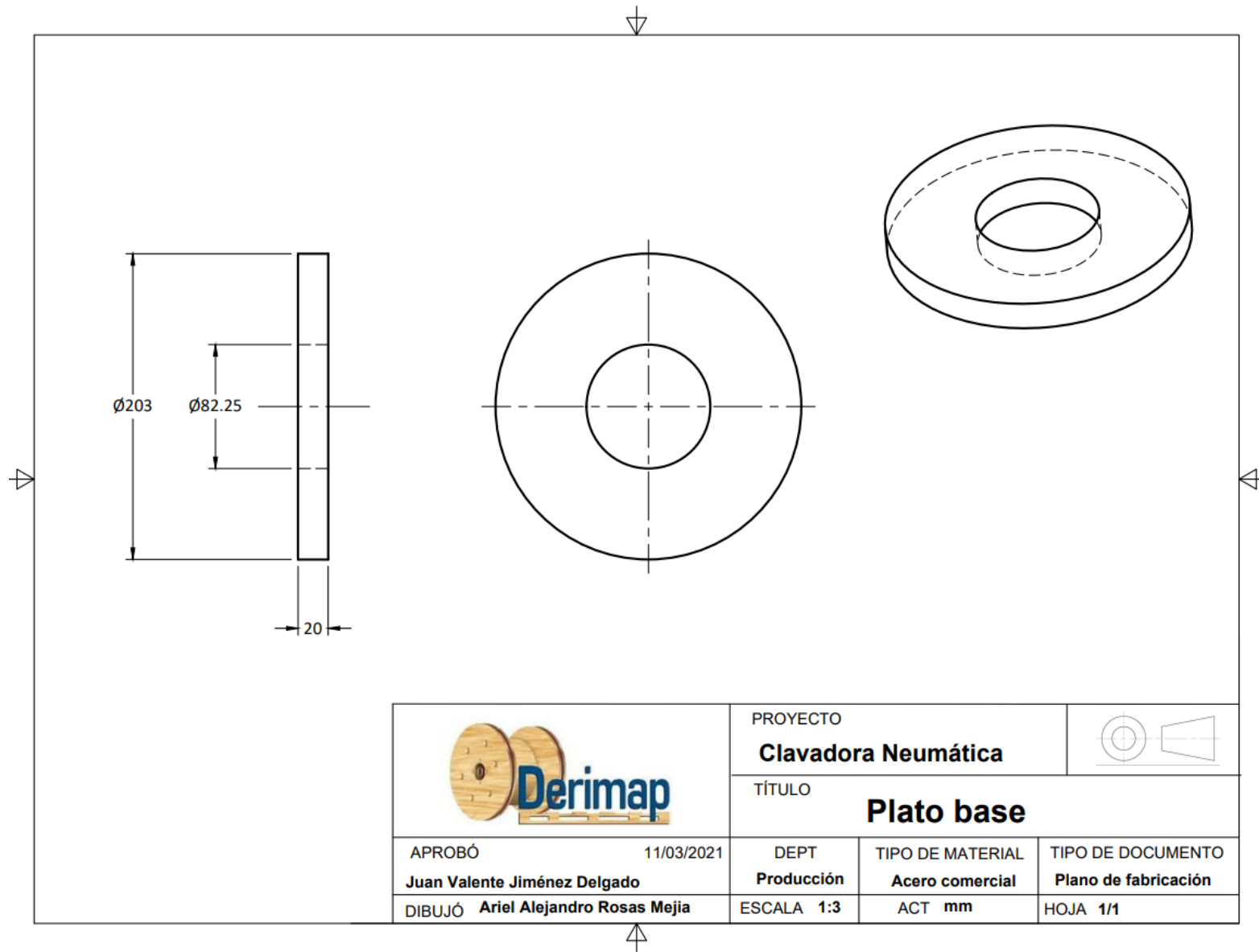
Cantidad	Producto	Descripción	% Desc.	Costo unitario	Importe
1.000000	CILINDRONEUMPERF	CP96SDB80-100C CIL NEUM PERFIL CUAD	0.00	2,291.000000	2,291.000000
2.000000	REGULADORCAUDAL	AS3201F-03-10SA REGULADOR DE	0.00	185.000000	370.000000
2.000000	VALVULANEUM1/4	SYA5240-02 VALVULA NEUMATICA PTO	0.00	752.000000	1,504.000000
9.000000	CONEXMACHO10MM	KQ2L10-02AS CONEX PLASTI CODO	0.00	50.000000	450.000000
4.000000	CONEXMACHO6MM	KQ2L06-MSA CONEX PLASTI CODO	0.00	37.000000	148.000000
4.000000	SILENCIADOR1/4	AN20-02 SILENCIADOR 1/4	0.00	68.000000	272.000000
2.000000	VALVULAMEC1/4	VM230-02-33A VALVULA MECANICA PTO	0.00	414.000000	828.000000
2.000000	CONEXMACHO6MMAS	KQ2L06-02AS CONEX PLASTI CODO	0.00	34.000000	68.000000
2.000000	CONEXTUNION10MM	KQ2T10-00A CONEX PLASTI TIPO T UNION	0.00	57.000000	114.000000
1.000000	UNIDADFRL1/4	AC20-02CG-A UNIDAD FRL 1/4 C/MAN	0.00	1,082.000000	1,082.000000
1.000000	FUJACIONCILINDRO	L5080 FUJACION P/CILINDRO	0.00	247.000000	247.000000
10.000000	MANGUERA POLIUTER	TU0604BU-10 MANGUERA DE	0.00	16.000000	160.000000
20.000000	MANGUERA POLIUTER	TU0604BU-10 MANGUERA DE	0.00	50.000000	1,000.000000



Subtotal	8,534.00
Descuento	0.00
Desc. Fin.	0.00
I.E.P.S.	0.00
IVA	0.00
	0.00
I.V.A.	1,365.44
Total	9,899.44

NUEVE MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 44/100 M.N.

Anexo 4 – Planos de fabricación tope mecánico.





	PROYECTO Clavadora Neumática		
	TÍTULO Plato base		
APROBÓ Juan Valente Jiménez Delgado	11/03/2021	DEPT Producción	TIPO DE MATERIAL Acero comercial
DIBUJÓ Ariel Alejandro Rosas Mejía	ESCALA 1:3	TIPO DE DOCUMENTO Plano de fabricación	HOJA 1/1

