



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
SUJECCIÓN PARA LOS
ELEMENTOS NEUMÁTICOS FIJOS
DEL LABORATORIO DE
NEUMÁTICA DE LA UAN.**

Jhonny Edward Bárcenas Beltrán

Universidad Antonio Nariño
Facultad de ingeniería electromecánica
Bogotá D.C, Colombia

2020

DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUJECCIÓN PARA LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS FIJOS DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DE LA UAN.

Jhonny Edward Bárcenas Beltrán

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Director
Hugo Alba

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

Agradecimientos

Agradezco a DIOS por ser mi guía en este proceso de carrera universitaria, dándome sabiduría para emprender esta etapa en mi vida, por ser mi fortaleza para enfrentar dificultades, por brindarme un tiempo lleno de aprendizaje, emociones, experiencias y crecimiento tanto personal como profesional.

A mi familia, mi madre, mi abuela y mi novia, infinitas gracias doy por el apoyo y la confianza constante que me han proporcionado con el fin de culminar la carrera que escogí; por su paciencia, comprensión, solidaridad y motivación constante en seguir adelante con mis ideas, y sobre todo por su amor, por el tiempo que me han concedido. Sin su apoyo este trabajo no se hubiera podido hacer realidad y, por eso, este trabajo es también el suyo.

Finalmente, también agradezco a todos los profesores que me apoyaron en la formación profesional, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos.

A todos, MUCHAS GRACIAS.

Jhonny Edward Bárcenas

Resumen

El presente proyecto se realizó con el fin de implementar los elementos fijos que se encuentran en los bancos del laboratorio de neumática de la Universidad Antonio Nariño, para utilizarlos de manera modular en el banco vertical que se encuentra en el laboratorio, se diseñó un sistema modular de acople rápido para los elementos neumáticos fijos que se encuentran disponibles en los bancos, se determinaron los parámetros, se diseñaron y elaboraron los planos del sistema teniendo en cuenta la morfología, seguridad, material y costo. Se tomó el elemento más pesado y que ejerce mayor fuerza al momento de realizar una práctica de laboratorio, se tuvo como referencia el cilindro de doble efecto marca Taiyo que se encuentra en el banco vertical del laboratorio de la Universidad Antonio Nariño.

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron dos software: Excel versión 2016, permitiendo administrar datos y cálculos para el diseño del resorte, Visual Basic, para diagramas y manipulación de datos y el software tipo CAD SolidWorks versión 2018, permitiendo el diseño, ensamblaje y simulación de movimiento de piezas.

El sistema de sujeción se diseñó con un mecanismo de resorte, se halló la fuerza de avance del cilindro de 98,17 N y la fuerza de retroceso de 82,47 N, teniendo en cuenta el área del mismo y la presión del sistema siendo esta de 2 bar, por medio del diagrama de cuerpo libre se identificó las fuerzas que actúan en el sistema y se obtuvo la fuerza requerida que debe generar el resorte, capaz de contrarrestar la fuerza producida por el avance del cilindro. En base a las medidas tomadas utilizando un calibrador y teniendo en cuenta las especificaciones del banco vertical y de los elementos neumáticos, la ergonomía, la selección de elementos de construcción, el material, la facilidad para el montaje y desmontaje, adaptación de los elementos neumáticos, se diseñó el sistema de sujeción de acople rápido totalmente modular.

Palabras clave: Acople rápido, Banco neumático, sistema de sujeción, ergonomía, diseño, elementos neumáticos.

Abstract

This project was carried out in order to implement the fixed elements found in the benches of the pneumatics laboratory of the Antonio Nariño University, to use them in a modular way in the vertical bench found in the laboratory, designing a modular system of quick coupling for the fixed pneumatic elements that are available in the banks, the parameters were determined, the system plans were viewed and elaborated taking into account the morphology, safety, material and cost. The heaviest element was obtained and it exerted the greatest force at the time of carrying out a laboratory practice. The Taiyo brand double-acting cylinder found in the vertical bench of the Antonio Nariño University laboratory was used as a reference.

For the development of the work, two software will be used: Excel version 2016, managing data and analysis for the design of the spring, Visual Basic, diagrams and data manipulation and the CAD software SolidWorks version 2018, the design, assembly and simulation of movement of pieces.

The clamping system designed with a spring mechanism, found the cylinder advance force of 98.17 N and the recoil force of 82.47 N, taking into account the area of the cylinder and the pressure of the system being this of 2 bars, by The free-body diagram identifies the forces acting on the system and obtains the required force that the spring must generate, capable of counteracting the force produced by the cylinder advance. Based on measurements taken using a caliper and taking into account the specifications of the vertical bench and pneumatic elements, ergonomics, selection of construction elements, material, ease of assembly and disassembly, adaptation of the pneumatic elements, designed the fully modular quick coupling clamping system.

Key words: Quick coupling, pneumatic bench, clamping system, ergonomics, design, pneumatic elements.

Contenido

Resumen	IV
Abstract.....	V
Lista de figuras	VII
Lista de tablas.....	IX
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	X
Introducción.....	11
1. Objetivos	13
1.1 General.....	13
1.2 Específicos.....	13
2. Marco conceptual.....	14
2.1 Neumática	14
2.2 Sistemas de sujeción de elementos en bancos neumáticos	16
2.3 Bancos de trabajo en laboratorios.....	17
2.4 Ergonomía.....	18
2.5 Solidworks.....	19
2.6 Resorte helicoidal	20
3. Estado de conocimiento	21
3.1 Investigación nacional.....	21
3.2 Investigación internacional	22
4. Metodología	23
4.1 Región de estudio	23
4.2 Medidas del banco neumático y componentes	23
4.3 Software	25
4.4 Calculo de la fuerza de un cilindro neumático.....	25
4.5 Calculo de la fuerza de resorte.....	26
4.6 Cálculos para diseñar un resorte sobre una varilla	27
4.6.1 Diámetro medio (D):	27
4.6.2 Índice del resorte (C):.....	28

4.6.3 Diámetro exterior (DE):	28
4.6.4 Diámetro interior (DI):	28
4.6.5 Número de espiras útiles (Na):	28
4.6.6 Número total de espiras (Nt):	30
4.6.7 Longitud libre (Lo):	30
4.6.8 Longitud sólida (Ls):	30
4.6.9 Paso (P):	30
4.6.10 Costo de material (Cdm):	30
5. Resultados y discusión	31
5.1 Fuerza del cilindro.....	32
5.2 Fuerza del resorte.....	32
5.3 Resorte de compresión.....	33
5.4 Selección del diseño del resorte.....	36
5.5 Diseño del sistema de sujeción de acople rápido.....	36
5.6 Ensamblaje de todas las piezas	42
6. Conclusiones	46
7. Recomendaciones	47
8. Anexos.....	48
8.1 Anexo A: Catalogo Taiyo	48
8.2 Anexo B: Coeficiente de fricción.....	49
8.3 Anexo C: Propiedades mecánicas	49
8.4 Anexo D: Resistencia del alambre y costo relativo	50
8.5 Anexo E: Cotización de resorte	51
8.6 Anexo F: Medidas antropométricas de la mano humana	52
9. Planos.....	53
10. Bibliografía.....	61

Lista de figuras

Figura 1 Sistema neumático básico.....	15
Figura 2 Elementos neumáticos con sistema de sujeción fija.	16
Figura 3 Banco neumático vertical.	17
Figura 4 Tipos de resortes helicoidales.	20
Figura 5 Banco neumático fijo y componentes neumáticos.	23
Figura 6 Medición del banco neumático y sus componentes.....	23
Figura 7 Área de avance y retroceso de un cilindro.....	26
Figura 8 Tolerancia estándar para resortes de compresión.....	27
Figura 9 Tipo de terminación para los extremos del resorte.	29
Figura 10 Diseño del sistema de sujeción de rápido acople	31
Figura 11 Diámetro y vástago del cilindro.....	32
Figura 12 Diagrama de cuerpo libre, indicando las fuerzas del cilindro	33
Figura 13 Valores de los diámetros del resorte de compresión.	34
Figura 14 Medidas cuando el resorte se encuentra en estado libre y de compresión. ..	35
Figura 15 Medidas del diseño del resorte.....	37
Figura 16 Diseño del resorte en solidwork.....	37
Figura 17 Tornillo Allen de cabeza hueca.....	38
Figura 18 Pieza escalonada.	39
Figura 19 A. Platina para cilindros neumáticos, B. Platina para temporizador y válvula 5/2 y C. Platina para válvulas (3/2, limitadora de caudal, de simultaneidad) y final de carrera.	39
Figura 20 Sujetador.....	40
Figura 21 Posicionador.	41
Figura 22 Vista lateral del sistema de sujeción ensamblado.....	42
Figura 23 Vista total del sistema	42
Figura 24 Vista superior del sistema de sujeción.....	43
Figura 25 Vista explosionada del sistema de sujeción.....	43
Figura 26 Sistema ensamblado al panel del banco	44
Figura 27 Vista lateral del sistema ensamblado al panel del banco.....	44
Figura 28 Vista superior del sistema ensamblado al panel del banco.....	45
Figura 29 Vista frontal del sistema ensamblado al panel del banco vertical	45

Lista de tablas

Tabla 1 Tipo de extremos de resortes.....	29
Tabla 2 Comparación de medidas para diferentes diámetros de alambre.....	36

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>A (avance)</i>	Área de avance	m^2	Ec. 4.4-1
<i>A (retroceso)</i>	Área de retroceso	m^2	Ec. 4.4 – 1
<i>d (vástago)</i>	Diámetro del vástago	mm	Fig.
<i>F (avance)</i>	Fuerza de avance	N	Ec. 4.4 – 2
<i>F (retroceso)</i>	Fuerza de retroceso	N	Ec. 4.4 – 2
<i>P</i>	Presión	bar	Ec. 4.4-2
<i>F_s</i>	Fuerza de rozamiento	N	Ec. 4.5 – 3
<i>N</i>	Normal	N	Ec. 4.5-3
<i>F (resorte)</i>	Fuerza del resorte	N	Ec. 4.5 – 4
<i>F (Cilindro)</i>	Fuerza del cilindro	N	Ec. 4.5-4
<i>D</i>	Diámetro medio	mm	Ec. 4.6.1 - 5
<i>d (Varilla)</i>	Diámetro de la varilla	mm	Ec. 4.6.1 - 5
<i>D</i>	Diámetro del alambre	mm	Ec. 4.6.1 – 5
<i>C</i>	Índice del resorte	Adimensional	Ec. 4.6.2 - 6
<i>DE</i>	Diámetro exterior	mm	Ec. 4.6.3 – 7
<i>DI</i>	Diámetro interior	mm	Ec. 4.6.4 – 8
<i>N_a</i>	Número de espiras útiles	Vueltas	Ec. 4.6.5 – 9
<i>G</i>	Modulo elástico del cortante	Mpsi	Ec. 4.6.5 – 9
<i>Y</i>	Distancia que se comprime el resorte	cm	Ec. 4.6.5 - 9
<i>N_t</i>	Número total de espiras	Vueltas	Ec. 4.6.6 – 10
<i>L_o</i>	Longitud libre	mm	Ec. 4.6.7 - 11
<i>L_s</i>	Longitud Sólido	mm	Ec. 4.6.8 - 12
<i>P</i>	Paso de las espiras	mm	Ec. 4.6.9 - 13
<i>C_{dm}</i>	Costo material	--	Ec. 4.6.10 – 14

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
μ_s	Coeficiente de fricción	1	Ec. 4.5 - 3
\S	Rebase fraccional al cierre	1	Ec. 4.6.7 - 11
P_i		1	Ec. 4.6.10 - 14

Introducción

La neumática emplea aire comprimido como modo de transmisión de energía para mover y tener control sobre dispositivos; la Universidad Antonio Nariño, cuenta con un laboratorio de neumática, donde se realizan prácticas a los estudiantes mediante 16 bancos fijos y uno banco vertical.

Actualmente los bancos fijos tienen unos elementos neumáticos didácticos, que permiten presenciar el movimiento interno de los mismos, pero estos elementos se encuentran fijos a los bancos perjudicando la práctica que se quiere ejecutar ya que no se pueden acomodar, ocupan mucho espacio sobre la mesa de trabajo al haber elementos que no van a ser usados en todas las prácticas, su diseño no ergonómico genera molestia a la hora de que el educador, explique su temática incidiendo negativamente sobre la enseñanza y aún más sobre el que la recibe, a la hora de implementar los conocimientos teóricos adquiridos.

La finalidad del proyecto parte de la necesidad de mejorar las prácticas de laboratorio de la Universidad Antonio Nariño sede sur, de aprovechar los componentes neumáticos que se encuentran fijos en los bancos del laboratorio para que el desarrollo de las practicas sean más amenas, beneficiando tanto al docente como al estudiante, obteniendo un espacio más amplio para que los elementos sean fáciles de manipular y acomodar en diferentes posiciones del banco, implementando un sistema de sujeción modular de acople rápido para estos elementos neumáticos.

Se determinaron los parámetros de diseño y se elaboraron los planos del sistema teniendo en cuenta la morfología, seguridad, material y costo. El sistema de sujeción modular consta de una platina donde se fijará el elemento neumático y esta misma platina tiene el sistema de acople rápido que comprende una serie de elementos como un tornillo, resorte, pieza escalonada, sujetador y posicionador.

La forma de la platina variara de acuerdo al elemento neumático, el acople rápido tiene en un extremo un resorte el cual será el encargado de hacer un trabajo de compresión para sujetar contra el banco todo el sistema enseguida del resorte se encuentra una pieza escalonada, la cual al girar el posicionador se acomoda entre los paneles del banco vertical, en el otro extremo está el sujetador el cual manipula el profesor o estudiante para asegurar de manera fácil y rápida el elemento neumático, esto permite una sujeción fácil de montar y desmontar.

Este es un informe de tipo cualitativo y cuantitativo, dividido en cinco secciones: en la primera se encuentran los objetivos del proyecto, en la segunda se desarrolla el marco teórico donde se describe, ventajas, definiciones, consecuencias y funcionamiento de la neumática, la tercera es el estado de conocimiento tanto nacional como internacional, la cuarta es la metodología de cómo se realizara el proyecto, en la quinta se plasmaron los respectivos resultados de los cálculos para el diseño del resorte, tomando la decisión de la selección del diámetro adecuado para el resorte, las piezas diseñadas para el sistema de sujeción de acople rápido, la visualización del sistema completo, la discusión de los resultados.

1. Objetivos

1.1 General

Diseñar un sistema de sujeción modular de acople rápido para los elementos neumáticos fijos de los bancos del laboratorio de neumática de la Universidad Antonio Nariño.

1.2 Específicos

- Determinar los parámetros de diseño necesarios para los diferentes elementos fijos de los bancos neumáticos teniendo en cuenta su morfología, seguridad, material y costos para que puedan ser implementados en el banco vertical.
- Diseñar un sistema de sujeción modular de acople rápido para los elementos neumáticos que se encuentran fijos en los bancos, para usarlos en el banco vertical del laboratorio de neumática de la universidad Antonio Nariño.
- Elaboración de planos con especificaciones técnicas para estandarizar la posterior elaboración de los sistemas de sujeción.

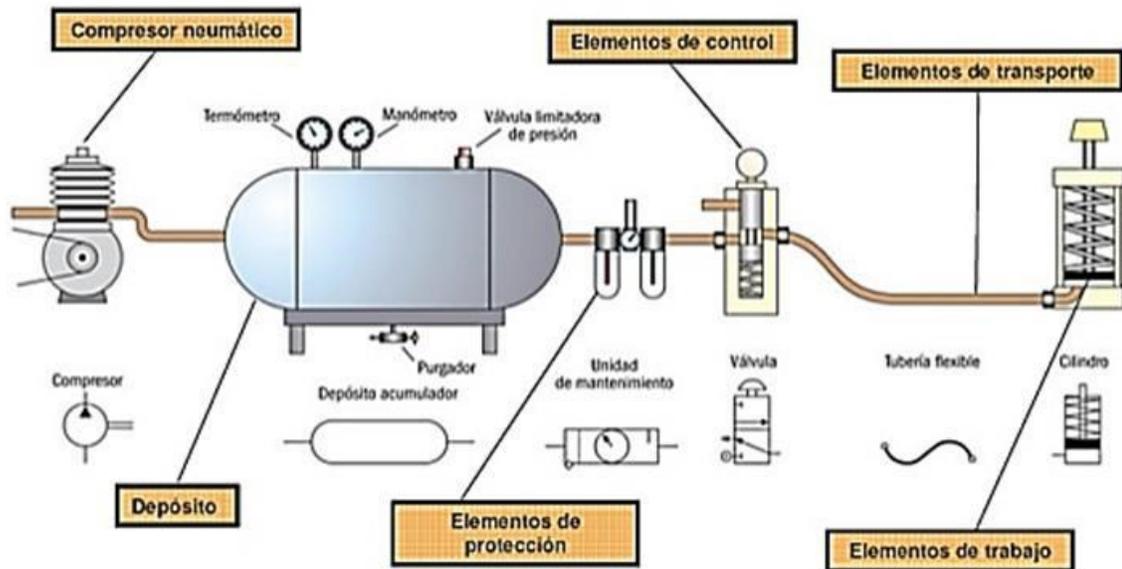
2. Marco conceptual

2.1 Neumática

La neumática se refiere a la tecnología que utiliza el aire comprimido como medio transmisor de energía, así como también su control y regulación, tanto para el mando de fuerzas como el de los movimientos para la manipulación de dispositivos (Nogueira, 2013).

Actualmente, el control del aire comprimido reemplaza la mano de obra ejecutando operaciones sin fatiga, ahorrando tiempo, herramientas y materiales; además ofrece un índice bajo de peligrosidad en lugares de riesgo de explosión, resiste variaciones de temperatura, puede trabajar a velocidades altas, es limpio ya que antes de su utilización es necesario eliminar las impurezas que contiene, tales como polvo, óxidos, azufre, hollín, suciedad, hidrocarburos y vapor de agua. Por estos beneficios la utilización del aire comprimido es ampliamente usada en todo tipo de industrias y transportes (Fernández J. M., 2018). También se puede presentar desventajas en cuanto la utilización del aire comprimido en la neumática, una de ellas, es requerir instalaciones especiales. Por otro lado, el trabajo normal de las presiones no permite emplear grandes fuerzas y presenta altos niveles de ruido debido a las descargas de aire hacia la atmósfera (Jerez, 2016).

Según Luna (2014), un sistema neumático básico (Figura 1), se compone de un sistema de producción y distribución, por lo general se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado, llegando a las instalaciones a través de tuberías; es necesario conocer el consumo de aire en una instalación, dicho consumo debe estar a las condiciones normales de funcionamiento como la presión, temperatura y humedad relativa.

Figura 1 Sistema neumático básico.

Fuente: (García, 2018).

En todo sistema neumático se encuentran los siguientes elementos: Elementos generadores de energía, se emplea un compresor, elementos de tratamiento de los fluidos, el aire contiene humedad por lo tanto es necesario eliminarlo, se procede a la utilización del secado, filtrado y regulación de presión, para que no se filtre impurezas y sobrepresiones, que podrían perjudicar el funcionamiento del sistema; elementos de mando y control, se encarga de transportar de forma adecuada la energía en el compresor o en la bomba hacia los elementos actuadores; los elementos actuadores, permiten modificar la energía del fluido en movimiento, dividiéndola en dos grandes grupos, por un lado, los cilindros son los que producen movimientos lineales y por otro lado, los motores que son los que producen movimientos rotativos (Banquedano, 2013).

2.2 Sistemas de sujeción de elementos en bancos neumáticos

Los sistemas de sujeción, es el uso de cualquier dispositivo que permite sujetar piezas, manteniéndose firmemente en las posiciones correctas, la mayoría de sistemas de sujeción poseen unas mordazas que permiten que no pueda resbalar la pieza. Estos sistemas son rápidos y fáciles de montar, se utilizan en el mecanizado de madera, metal, plásticos, vidrio o eléctrica (Avila, 2000).

Figura 2 Elementos neumáticos con sistema de sujeción fija.



Fuente: Propia, 2019.

Según Meneses (2014), existen dos tipos de sujeción, primera la sujeción permanente (figura 2), son aquellas uniones que son imposibles de separar sin producir alguna ruptura como los remaches y soldaduras; y segunda la sujeción removible, son aquellas uniones que se pretendan separar de forma manual como los pernos, tornillos, espárragos, tuercas, pasadores y cuñas.

2.3 Bancos de trabajo en laboratorios

Un banco didáctico neumático (Figura 3), es un sistema modular que facilita el aprendizaje estudiantil de diferentes programas como ingenieros profesionales, tecnológicos y técnicos, en el cual, se familiariza con los principios y los componentes básicos de la neumática a través de la práctica de los conocimientos adquiridos en las jornadas de clase (Apud & Mayer, 2003).

Figura 3 Banco neumático vertical.



Fuente: Propia, 2019.

Según HNSA (Hidráulica y Neumática S.A, (2019), los bancos neumáticos contienen los elementos necesarios para representar los circuitos más utilizados en la industria, además, estos sistemas están conformados por: estructura, panel de trabajo y tablero de control. Para el desarrollo de un banco didáctico neumático, primero se fabrica el marco, luego se ensambla la estructura, después sigue con el alistamiento de los elementos neumáticos, después las conexiones eléctricas y, por último, el montaje de los elementos neumáticos. Estos bancos permiten el fácil intercambio y adición de otros componentes neumáticos, también la posibilidad de fijación de componentes de forma horizontal y vertical para aumentar el grado de complejidad en las prácticas.

2.4 Ergonomía

Según Hernandez (2015), la ergonomía es importante tenerla en cuenta a la hora de realizar la practica en los banco didácticos ya que se asegura que la persona no sufra fatigas ni lesiones debido a esfuerzos innecesarios, un banco de trabajo debe permitir que la persona conserve una correcta postura, una mal postura puede ocasionar problemas físicos. Se debe tener en cuenta la altura de la superficie de trabajo, el área de trabajo y la altura máxima del banco.

Según Apud & Mayer (2003), la ergonomía es una especialidad científica que se relaciona con la comprensión de las interacciones entre los humanos y otros elementos de un sistema, es decir, adaptar de la mejor manera el uso de los objetos por el hombre mediante el diseño de tareas, estaciones de trabajo, herramientas y equipos dentro de la formación y acotación física del trabajador. Su aplicación es reciente, provocando que los trabajadores no practiquen los criterios de ergonomía en sus labores diarias, las distancias inadecuadas provocan sobreesfuerzos y posiciones que dificultan las labores, la visión principal de la ergonomía es reducir los niveles de accidentalidad y mejorar la productividad de la empresa.

Según Cerda (2013), si se implementa la ergonomía en las actividades diarias, se previene los riesgos laborales, mejorar la postura frente algún tipo de máquina o equipo electrónico disminuye las molestias físicas, mejora la comodidad en el ambiente laboral, eleva la productividad, disminuye la fatiga, mejora la moral y la estabilidad laboral.

Los criterios de evaluación de la ergonomía están compuestos por la factibilidad, que es aquel problema psicofísico que evalúa la área máxima de alcance y fuerza de presión; soportabilidad, es aquel problema fisiológico que evalúa los límites de resistencia del trabajo muscular; admisibilidad, es aquel problema sociológico que evalúa alguna de las actividades que por su nivel categorico, no se desea hacer y por último, la satisfacción, es aquel problema psicológico que evalúa el puesto al cual aspira en la vida (Estrucplan, 2002). También, existen otros factores de evaluación como las demandas energéticas de

La actividad, condiciones ambientales, condiciones temporales, condiciones sociales y condiciones de información (Madrid & Cañas, 2015).

2.5 Solidworks

Según Fernández (2015), es un programa de diseño que proporciona un conjunto de herramientas de software tipo CAD (Diseño asistido por computadora); permite modelar y extraer piezas como dibujos de detalles, gestión de proyectos, operaciones, simulador y administrador de datos, necesario para la creación de un producto de forma rápida y precisa. Al momento de la creación de un croquis 2D el cual utiliza herramientas de coquizado, acotación, relaciones geométricas, entre otras entidades, el programa crea un modelo en 3 dimensiones mediante operaciones de extrusión, revolución, redondeo, chaflán, entre otros, con el objetivo de evaluar el rendimiento del producto en circunstancias reales y pruebas reales de pre – fabricación.

La ventaja del programa es reducir el número de prototipos debido a que cada parte individual del diseño se puede observar, incluyendo las propiedades exactas de la masa y verificar si hay interferencias, reduciendo el tiempo, minimizando posibles errores y ahorro de dinero antes de fabricar el producto (Torrijos., 2019). Siendo esta la importancia de utilizar este software en la ejecución del diseño del sistema de sujeción. El programa tiene tres módulos principales: Primer módulo es la pieza, se utiliza para ejecutar diseños de figuras en 3 dimensiones, segundo módulo es ensamblaje, se utiliza para elaboración de diseño que se requiere armar y por último el plano, se utiliza para lograr las vistas ortogonales de una pieza en 2 dimensiones (Corporation, 2015). Estos tres módulos se aplicaron en el diseño del sistema de sujeción de acople rápido.

2.6 Resorte helicoidal

Según Estrada (2015), es un dispositivo mecánico, formado por un hilo de acero redondo o cuadrado que permite soportar fuerzas axiales de compresión y poseen espacios entre sus espiras, el hilo cuadrado presenta una mayor tensión respecto al redondo y la duración es ligeramente inferior debido a la distribución de las tensiones más desfavorables, es enrollado de forma de hélice cilíndrica y siempre recuperan su forma. El resorte helicoidal puede almacenar gran cantidad de energía, absorbe golpes, mantiene una fuerza de contacto entre dos superficies y posee un mínimo de rozamiento interno, de ese modo prolonga su vida operativa y resistencia ante las fuerzas de tensión y compresión. Para la fabricación del resorte helicoidal, se tiene en cuenta el diámetro del hilo, ya que brinda la rigidez al resorte, por medio del enrollamiento de las espiras disminuye la rigidez, el material también influye en que tan rígido, resistente y durable será el resorte. Al momento de que el resorte almacena la energía es liberada posteriormente para adsorber los golpes, por lo tanto, suelen utilizarse entre dos partes mecánicas de tipo maquinaria para mantener una fuerza entre superficies de contacto y devolverá la energía en el momento adecuado (Ondina., 2012).

Figura 4 Tipos de resortes helicoidales.



Fuente: (S.A., 2016)

Existen tres tipos de resortes helicoidales (Figura 4); el primero es de compresión, que soporta fuerzas de compresión y choque, el segundo la extensión, que soporta las fuerzas de tracción cuando los atraen fuerzas opuestas y por último la torsión que soportan los esfuerzos o deformaciones laterales (Martinez, 2013).

3. Estado de conocimiento

Se encontraron diferentes estudios sobre la modificación de bancos neumáticos y electro neumático implementando de sistemas de sujeción modular no solamente a nivel nacional; sino también a nivel internacional, con metodologías diferentes.

3.1 Investigación nacional

Un trabajo realizado por Hernández, Díaz, Arango, Palacio, Bravo, Bedoya, Quijano, Acosta, Correa & Valencia (2010), realizaron un diseño e implementación de un modelo electro neumático con sistemas de sujeción fija en la universidad de Buenaventura en Medellín, ya por la ausencia de laboratorios de dicha universidad, los estudiantes no tenían prácticas físicas que propician el acercamiento e interacción con los dispositivos. El diseño de diagramas y planos electro neumático, en los cual determinan el estado de los actuadores, simulación, diseño y la observación de los diagramas de neumáticas identificando si hay algún error de distribución.

Por otro lado, Hernández, Camargo, Durán, Pacheco, Roldán & Duque (2015), realizó la construcción de un banco electro neumático en la universidad tecnológica de Atlántico, dentro de su construcción, diseñaron unas bases con un sistema de sujeción para la ubicación de los elementos neumáticos en el tablero de trabajo del banco.

En previa investigación hecha por Moreno (2017), de la universidad tecnológica de Pereira, se encontró el diseño y fabricación de una prensa neumática. La universidad posee un taller de prensas neumáticas con un sistema de sujeción de manivela el cual es lento, por lo tanto, se reemplazó por un sistema de sujeción con un pistón neumático, permitiendo la disminución de los tiempos de montaje.

3.2 Investigación internacional

La SMC (2000), realizó un estudio acerca de las soluciones integrales para la formación neumática y electro neumático en Japón. Implementaron paneles de montaje para los circuitos neumáticos y componentes industriales de la misma marca sobre una placa de fijación a panel, obteniendo modularidad y flexibilidad, para el desarrollo de profesionales de la neumática y electro neumático.

Andrade & Quintero (2014), realizaron un informe acerca del diseño e implementación de un banco electro neumático, para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la universidad Salesiana en Guayaquil, Ecuador. En este informe indica que los estudiantes simulaban montajes electro neumáticos con el simulador Fluidsim, pero no contaban con un banco para hacer prácticas, para lo cual, implementaron un diseño de un banco electro neumático con sistemas de sujeción fija. Al principio, se seleccionaron los elementos neumáticos, de acuerdo al esfuerzo por carga de trabajo que van a realizar, de ese modo, se escogieron modelos de elementos pequeños. Luego, utilizaron el programa AutoCAD, en el cual realizaron el diseño de la distribución real, posiciones, dimensiones y la descripción de cada uno de los elementos que se iban a utilizar.

4. Metodología

4.1 Región de estudio

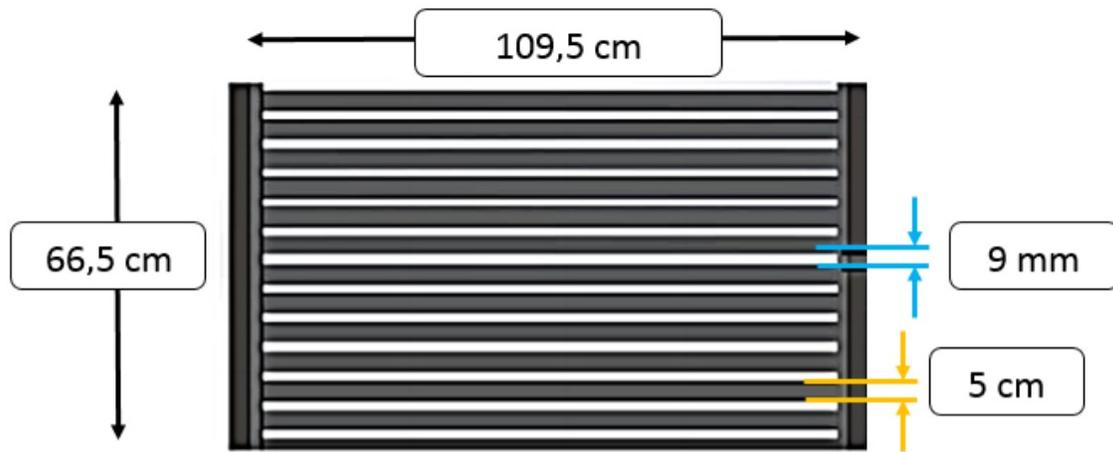
Figura 5 Banco neumático vertical.



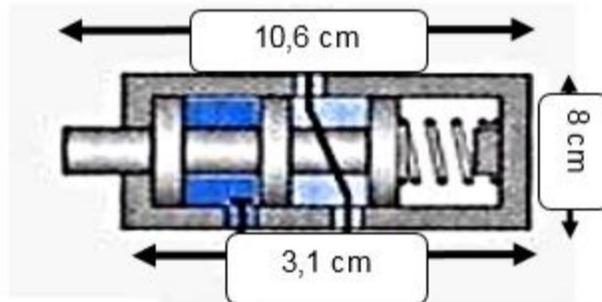
Fuente: Propia, (2020)

4.2 Medidas del banco neumático y componentes

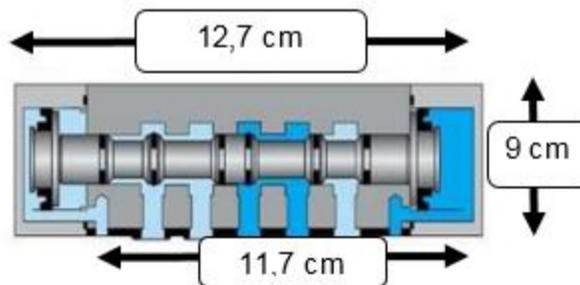
Para empezar con el diseño del sistema de sujeción de acople rápido, se inició haciendo mediciones al banco neumático vertical y a los elementos neumáticos fijos de los bancos (Figura 6) que se encuentran en el laboratorio de neumática, se utilizó flexómetro y pie de rey para medir con exactitud las dimensiones.

Figura 6 Medición del banco neumático y sus componentes.

Válvula 3.2



Válvula 5.2



Fuente: Propia, 2020.

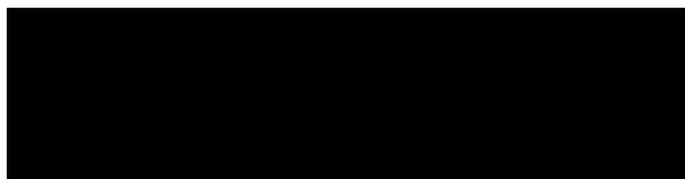
4.3 Software

Para la elaboración del proyecto, se utilizaron tres software:

- SolidWorks versión 2018.
- Excel 2016 (Procesador de tablas de cálculos)
- Word 2016 (Procesador de textos)

4.4 Calculo de la fuerza de un cilindro neumático

Según Pasquale (2013), la fuerza desarrolla por el cilindro es en función a su diámetro debido a la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento. Antes de calcular la fuerza es necesario calcular el área efectiva de un cilindro, dependiendo si se considera la de avance o de retroceso, mediante las siguientes dos fórmulas:

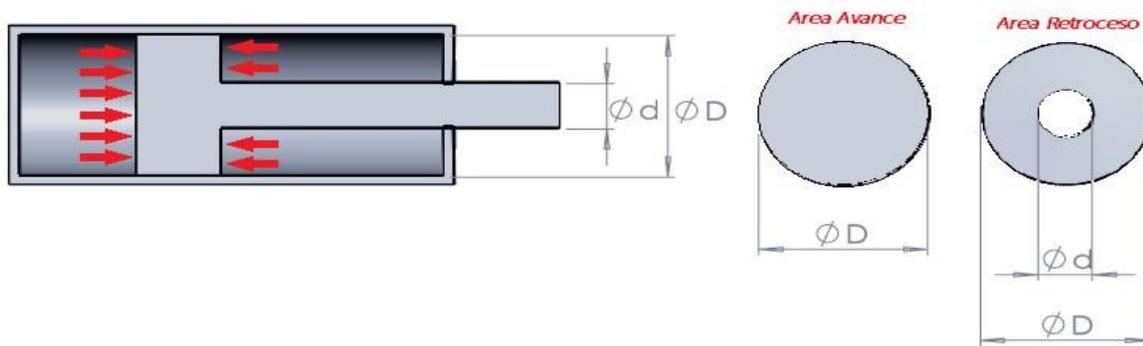


Para calcular el área de avance, se calcula el área del cilindro siendo una circunferencia, mientras que, para el retroceso, el área es el de una corona circular (Figura 7), de esa manera se procede a calcular la fuerza generada por el cilindro, para la fuerza hay que tener en cuenta los rozamientos, de esa manera las presiones oscilan entre 2 y 8 bar, y las fuerzas de rozamiento suelen representar entre un 5% y un 10% de la fuerza calculada. Para hallar la fuerza real es necesaria las siguientes formulas:



La unidad de medida de la fuerza es N, por lo tanto hay que pasar bar a N/mm^2 , que equivale al 0,1. Sin embargo en la fórmula de fuerza se puede evidenciar que la presión se divide en 10, de esta manera ya que realiza la conversión quedando la unidad de medida en N (Pasquale, 2013).

Figura 7 Área de avance y retroceso de un cilindro.



Fuente: (Pasquale, 2013)

4.5 Calculo de la fuerza de resorte

Primero se realiza el diagrama de cuerpo libre (DCL). Representando gráficamente las fuerzas que actúan en el sistema. Para hallar la fuerza de rozamiento se tiene en cuenta los materiales y la fuerza que ejerce un sistema sobre el otro, se utilizará la siguiente expresión:

$$f_s = \mu_s * N \quad (4.5 - 3)$$

Donde f_s : fuerza de fricción estática, N : fuerza normal es la fuerza de contacto y: coeficiente de fricción estática es la fuerza mínima para poner en movimiento un cuerpo por lo tanto estamos hablando de dos superficies de acero (Fernández & Coronado, 2013).

El objetivo es hallar la fuerza que debe generar el resorte, capaz de impedir el movimiento del cilindro, se utilizó la siguiente formula:

$$f_s = \mu_s * F(\text{resorte}) = F(\text{cilindro}) \quad (4.5 - 4)$$

4.6 Cálculos para diseñar un resorte sobre una varilla

Una vez se obtiene la fuerza que debe hacer el resorte se necesita hacer unos cálculos para diseñarlo y así obtener unas medidas como lo son: El calibre del alambre, el número de espiras, su longitud, su material entre otros (Figura 8). Los cálculos del diseño del resorte están basados en el libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, octava edición (2008).

Figura 8 Tolerancia estándar para resortes de compresión.



Fuente: (Spring, 2020)

4.6.1 Diámetro medio (D):

Es la suma del diámetro de la varilla, el diámetro de la espira o alambre y la holgura.

$$D = d(\text{varilla}) + d + \text{holgura} \quad (4.6.1 - 5)$$

4.6.2 Índice del resorte (C):

Es la relación entre el diámetro medio y el diámetro del alambre, es necesario hallarlo ya que brinda la facilidad de fabricación y el control de costos. El índice de resorte tiene una restricción que es $4 \leq C \leq 12$, donde el índice más bajo es más difícil de formar debido al peligro de agrietamiento y desgaste en la superficie, mientras que el resorte mayor tiende a enredarse. Además si no se cumple con la restricción tienden a tener un costo más elevado (Piñango, 2018).



4.6.3 Diámetro exterior (DE):

Medida del diámetro cilíndrico exterior del resorte.

$$DE = D + d \quad (4.6.3 - 7)$$

4.6.4 Diámetro interior (DI):

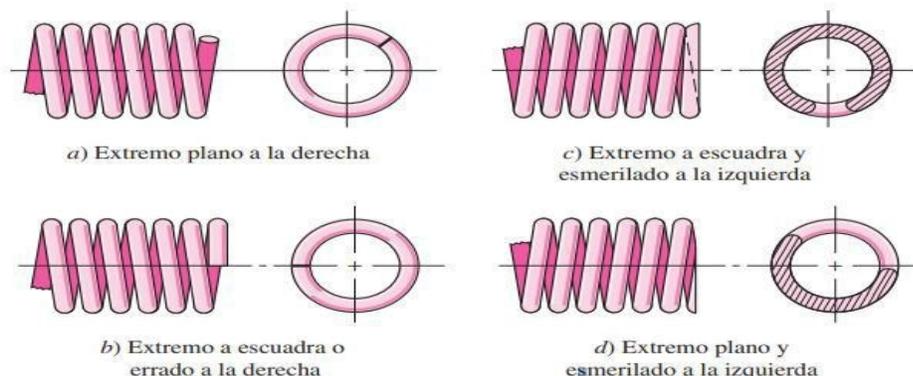
Medida interna cilíndrica del resorte.

$$DI = D - d \quad (4.6.4 - 8)$$

4.6.5 Número de espiras útiles (Na):

Es el número de vueltas activas de el resorte, mantiene la alineación cuando el resorte tiende a cerrarse, ya que es necesario que no tenga contacto con alguna espira, por lo tanto, la restricción para que no suceda es $3 \leq N_a \leq 15$. (Budynas & Nisbett, 2008)



Figura 9 Tipo de terminación para los extremos del resorte.

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

Para realizar los siguientes cálculos, se debe elegir el tipo de terminación para los extremos del resorte (Figura 9). En primer lugar se encuentra el extremo plano, es considerado como los más económicos y no funciona cuando tienen un diámetro exterior pequeño ya que no permite buena alineación con la superficie, la última espiral está cerrado y toca el espiral anterior, el segundo es extremos a escuadra, este resorte ayuda a que tenga firmeza al comprimir tanto la parte superior e inferior, el tercero es escuadra- esmerilado, ayuda a que el resorte quede derecho al nivel de la base del resorte, trata de que el ultimo espiral está cerrado y rectificado, tocando la espiral anterior y por último extremo plano - esmerilado, este resorte tiene más fuerza y es económico. (Tabla 1) Se tiene en cuenta algunas características dependiendo del tipo de terminación del resorte de compresión:

Tabla 1 Tipo de extremos de resortes.

Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, N_e	0	1	2	2
Espiras totales, N_t	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, l_0	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud sólida, L_s	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$(l_0 - d)/N_a$	$l_0/(N_a + 1)$	$(l_0 - 3d)/N_a$	$(l_0 - 2d)/N_a$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).

4.6.6 Número total de espiras (Nt):

Número de espiras útiles más las espiras de los extremos (espiras de apoyo)

$$Nt = Na + 2 \quad (4.6.6 - 10)$$

4.6.7 Longitud libre (Lo):

Longitud del resorte sin carga.

$$Lo = Ls + (1 + \xi) * Y \quad (4.6.7 - 11)$$

4.6.8 Longitud sólida (Ls):

La longitud del resorte totalmente comprimido.

$$Ls = dNt \quad (4.6.8 - 12)$$

4.6.9 Paso (P):

Distancia entre dos espiras del resorte.



4.6.10 Costo de material (Cdm):

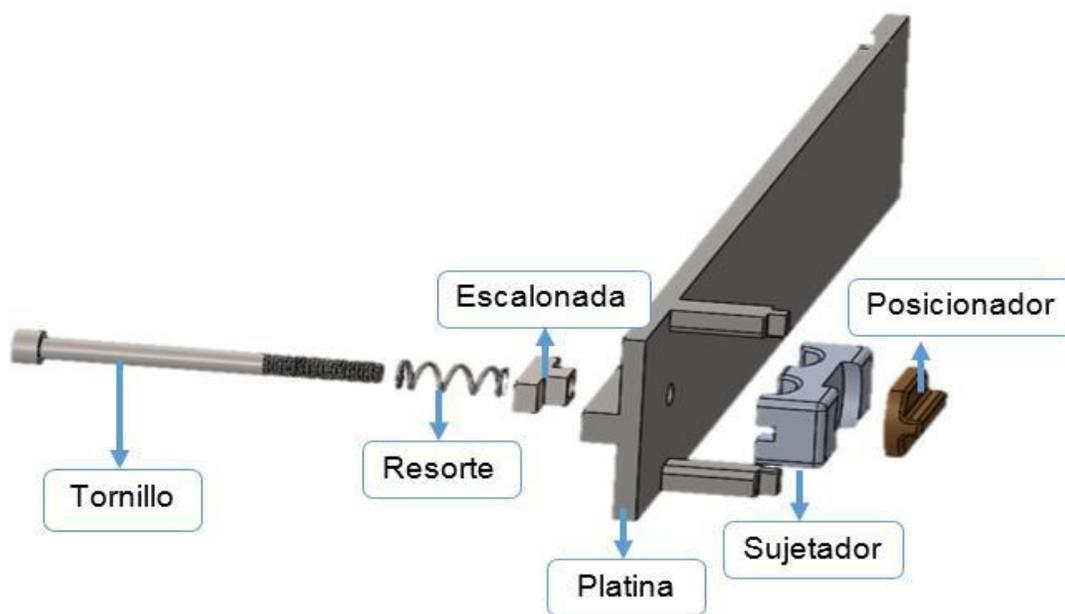
Son los costos dependiendo del tipo de material que se desea fabricar, algunos fabricantes pueden reducir los precios dependiendo del material (2018).



5. Resultados y discusión

Una vez realizado las medidas de los componentes fijos y de los bancos, se analizó los sistemas de sujeción fija que sostiene a cada elemento dentro del banco, se notó la complejidad del sistema de cambiar la posición, instalación y manejo, por lo tanto, se pensó en crear un sistema modular que ingrese de manera fácil al banco, que se pueda instalar y desinstalar fácilmente y que tanto el docente como el estudiante lo pueda manipular. Primero se diseñó en borrador teniendo en cuenta las medidas del banco, utilizando un tornillo, resorte helicoidal, platina escalonada, sujetador y posicionador (Figura 10). La platina se diseñó, considerando las medidas de cada componente neumático. El objetivo es que cada platina tenga su sistema de sujeción, para la facilidad de la práctica del laboratorio.

Figura 10 Diseño del sistema de sujeción de acople rápido



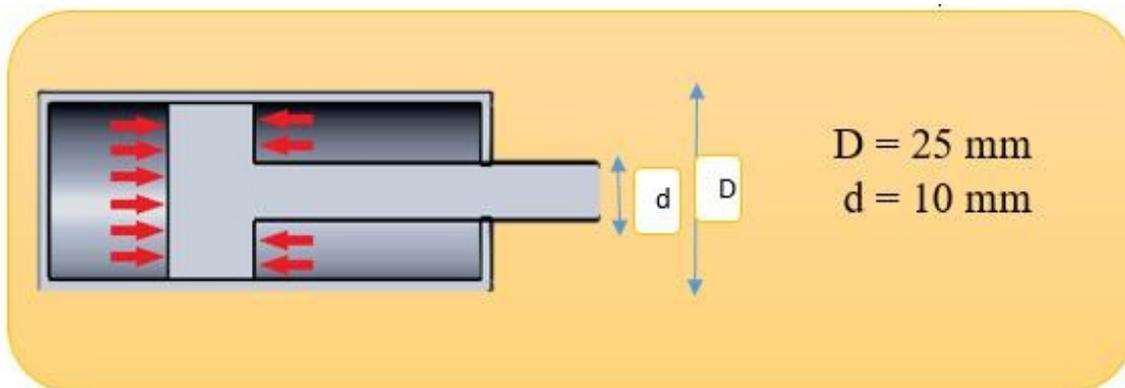
Fuente: Propia, 2020.

5.1 Fuerza del cilindro

El sistema de sujeción de acople rápido tiene el objetivo de contrarrestar la fuerza que genera cada componente durante practica de laboratorio, por lo tanto, se tomó el elemento que genera mayor fuerza, en este caso el cilindro neumático del banco vertical.

Primero se averigua el área de avance y de retroceso del cilindro, para lo cual debemos tener en cuenta el diámetro que es de 25 mm y el del vástago 10 mm (Figura 11), tomados del catálogo de la marca Taiyo (Anexo A), se utilizó las formulas (4.4 - 1), teniendo como resultado el área de avance de $490,87 \text{ mm}^2$, y el área de retroceso de $412,337 \text{ mm}^2$. Comparando los dos resultados se escoge el área de avance ya que produce una fuerza mayor. Luego se procede hallar la fuerza de avance y de retroceso del cilindro, se utilizó las expresiones (4.4 - 2), se consideró una presión de 2 bar, ya que es la presión suficiente para que el cilindro haga su recorrido. Por lo tanto, la fuerza de avance es de 98,17 N y la fuerza de retroceso es de 82,47 N. Luego de los resultados se escoge la fuerza de avance ya que es proporcional al área de avance, por lo tanto, va ser mayor.

Figura 11 Diámetro y vástago del cilindro.



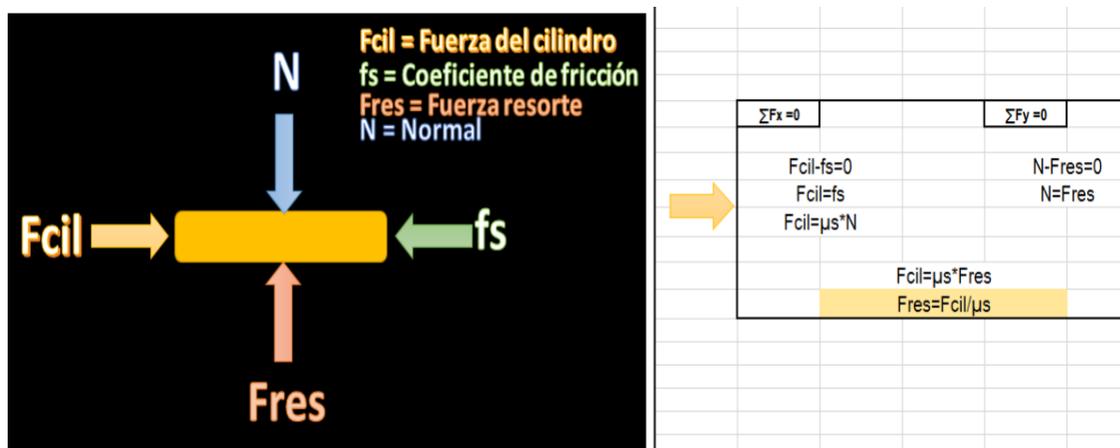
Fuente: Propia, 2020.

5.2 Fuerza del resorte

Se realizó el diagrama de cuerpo libre el cual muestra que la fuerza mínima de fricción debe ser igual a la fuerza del cilindro (Figura 12), donde la fuerza del cilindro es de 98,17

N, el coeficiente de fricción del material entre acero y acero es de: 0,74 adimensional, tomado del catálogo (Anexo B). Se utilizó la formula (4.5 - 4), dando como resultado 132,67 N, lo que significa que el resorte tiene que realizar esa fuerza para que el cilindro no se mueva.

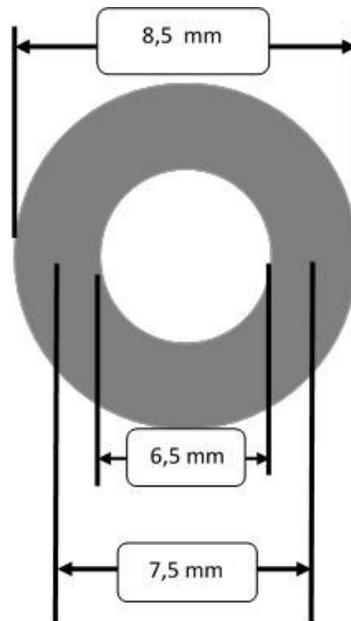
Figura 12 Diagrama de cuerpo libre, indicando las fuerzas del cilindro



Fuente: Propia, 2020.

5.3 Resorte de compresión

El cálculo para diseñar el resorte es secuencial, se inició calculando el diámetro medio del resorte (D), teniendo el diámetro de la varilla (d varilla), en este caso el diámetro del tornillo que se encuentra dentro del resorte, de 6 mm, se diseñó el tornillo en base a las mediciones del espacio que hay entre los paneles del banco siendo esta de 9 mm, ya que este ingresara junto con el resorte por este espacio. La holgura es el espacio que tiene la varilla y el alambre de 0,5 mm y el diámetro del alambre (d), de 1 mm, utilizando la formula (4.6.1 -5), el resultado es 7,5 mm, luego se calcula el índice del resorte (C), utilizando la formula (4.6.2 - 6) el resultado es 7,5 adimensional, cumpliendo con la restricción $4 \leq C \leq 12$, indicando que el resorte no va tener peligro de deformación, desgaste, ni de enredarse. Los siguientes cálculos son el diámetro exterior (DE) e interior (DI) del resorte, con las formulas (4.6.3 - 7) – (4.6.4 - 8), los resultados son de 8,5 mm y 6,5 mm respectivamente (Figura 13).

Figura 13 Valores de los diámetros del resorte de compresión.

Fuente: Propia, 2020.

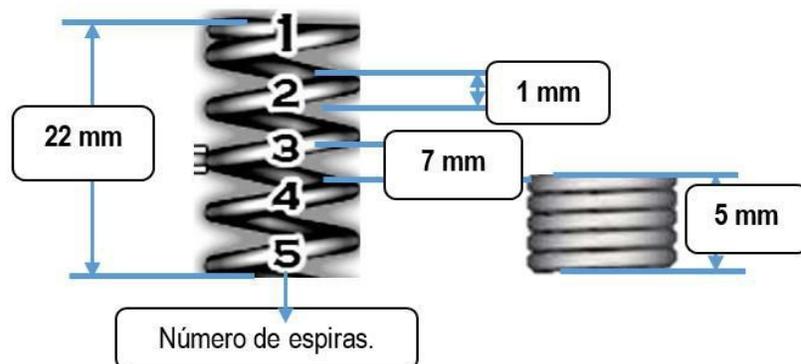
Luego se calcula el número de espiras (N_a), se tiene en cuenta la elasticidad cortante (G) de 11,6 Mpsi, tomado en el anexo C ya que el material que se utilizó es el acero estirado duro, fue elegido por ser uno de los más económicos, y cumple con el rango de diámetro de 0,8 a 12 mm. La distancia de compresión (Y) es de 1,5 cm para que el resorte puede hacer la fuerza requerida.

Luego se tomó la fuerza que debe hacer el resorte (F_{resorte}) de 132,67 N, el diámetro del alambre (d) 1 mm, más el diámetro medio (D) de 7,5 mm, con todos los datos ya mencionados se utiliza la expresión (4.6.5 - 9), teniendo como resultado 3, es válido ya que se cumple con la restricción $3 \leq N_a \leq 15$, permitiendo la alineación del resorte para evitar que tenga contacto con alguna espira.

Para continuar con los cálculos se tomó el tipo de terminación a escuadra y esmerilado, ya que se obtiene una mejor transferencia de carga y permite que el resorte quede alineado al nivel de la base. Siguiendo con los cálculos se tiene en cuenta la tabla 1, para hallar las espiras totales (N_t), se utilizó la fórmula (4.6.6 - 10), se tuvo en cuenta el número de espiras (N_a) de 3 vueltas activas, dando como resultado 5, lo que significa que 2 son los extremos del alambre. Luego se halló la longitud sólida (L_s), es la longitud del resorte comprimido, se tiene en cuenta el número de espiras totales (N_t) de 5 y el diámetro de alambre (d) de 1 mm, se utilizó la fórmula (4.6.8 - 12), dando 0,18 in, cumpliendo con la restricción de $L_s \leq 1$.

La longitud inicial (L_o) significa la longitud cuando el resorte está en estado libre, se utiliza la fórmula (4.6.7 - 11), considerando el rebase fraccional al cierre (ξ) de 0,15, la distancia de compresión (Y) de 1,5 cm y la longitud sólida (L_s) de 0,45 cm equivalente a 0,18 in, dando como resultado 2,15 cm equivalente a 0,85 in, cumpliendo la restricción $L_o \leq 4$. Ahora se procede a hallar el paso (p), indica la distancia que hay entre dos espiras, se utiliza la fórmula (4.6.9 - 13), con los datos ya averiguados anteriormente da el resultado de 7 mm (Figura 14), y por último el costo de material (cdm), se utiliza la fórmula (4.6.10 - 14), se tiene en cuenta el costo relativo de 1 adimensional, se toma del anexo D, da el resultado de -0,0051, el cual se explica en la tabla 2.

Figura 14 Medidas cuando el resorte se encuentra en estado libre y de compresión.



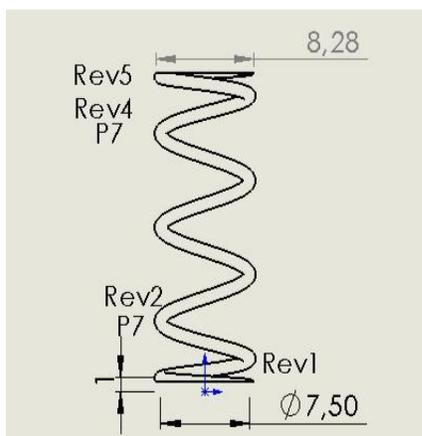
Fuente: Propia, 2020.

Resultados y discusión

Esfuerzo para que a la hora de realizar la práctica del laboratorio sea amena, teniendo la versatilidad de realizar diferentes montajes con elementos diferentes.

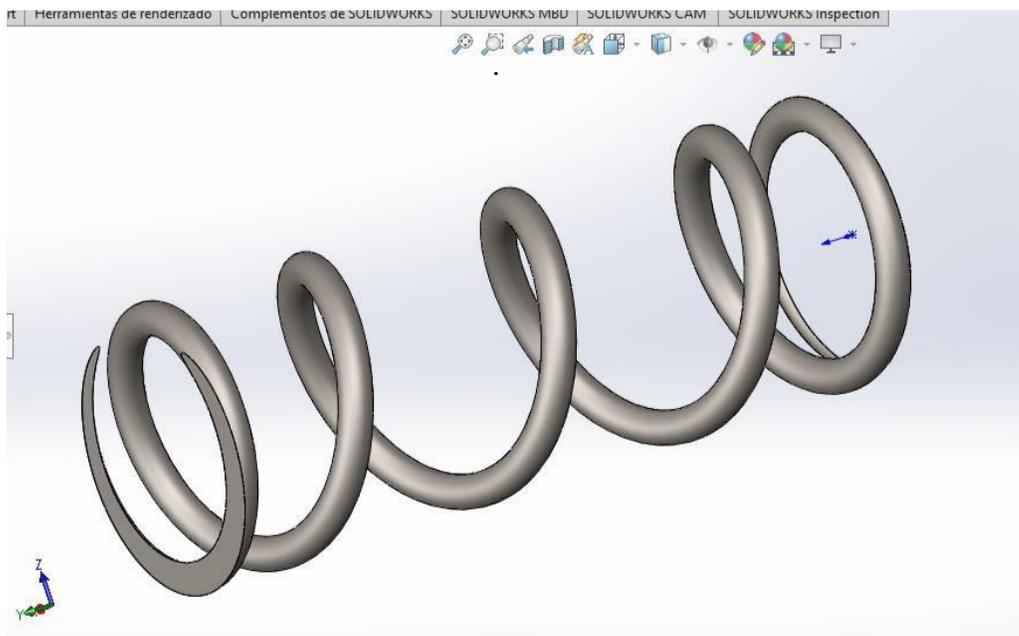
Se diseñó el resorte en base a las medidas arrojadas hechas por los cálculos (Figura 15-16), este resorte tendrá la función de hacer la fuerza necesaria a la platina para que quede fija al banco, este resorte se ubicara concéntrico al tornillo Allen contra la base del mismo y soldado a esta.

Figura 15 Medidas del diseño del resorte.



Fuente: Propia, 2020

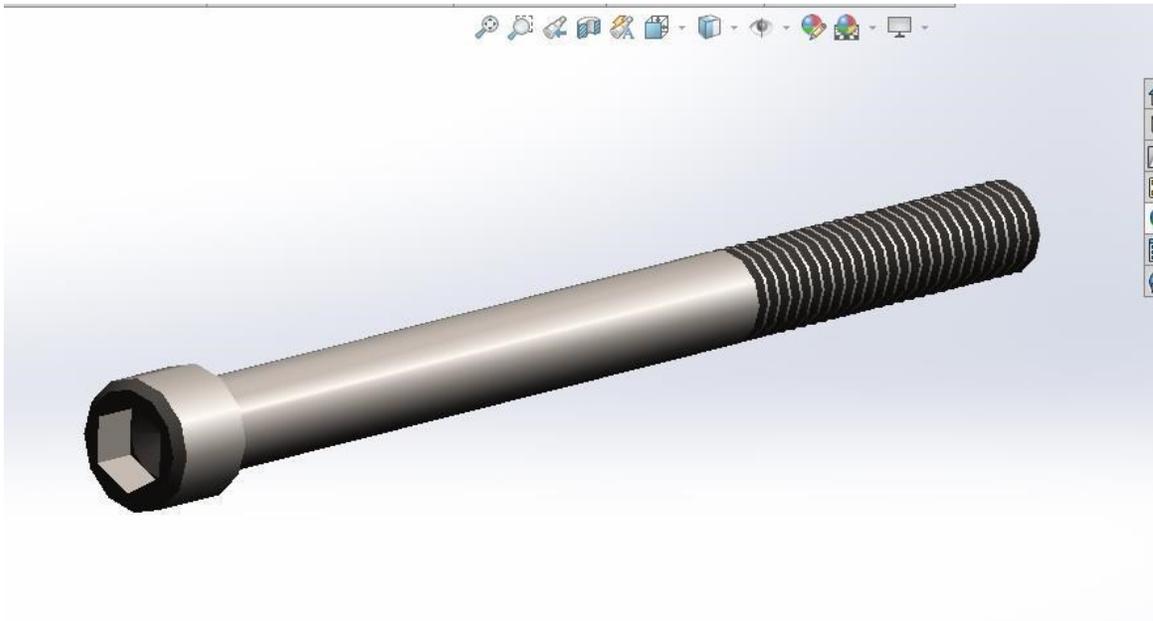
Figura 16 Diseño del resorte en SolidWorks.



Fuente: Propia, 2020

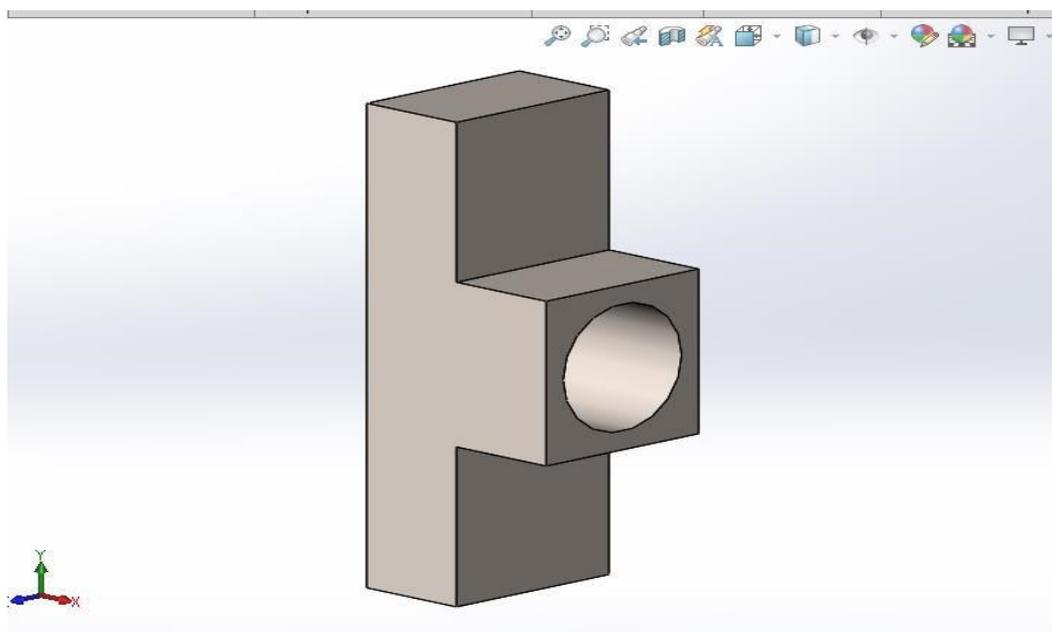
Se utilizó un tornillo de cabeza Allen (Figura 17). Este tornillo de material inoxidable soporta en su base el resorte y también en su extremo de la rosca enroscara el sujetador y el posicionador, la medida de su cabeza es la ideal para que entre por el espacio que hay entre los paneles del banco vertical, podemos observar sus medidas en el capítulo 9.

Figura 17 Tornillo Allen de cabeza hueca.



Fuente: Propia, 2020.

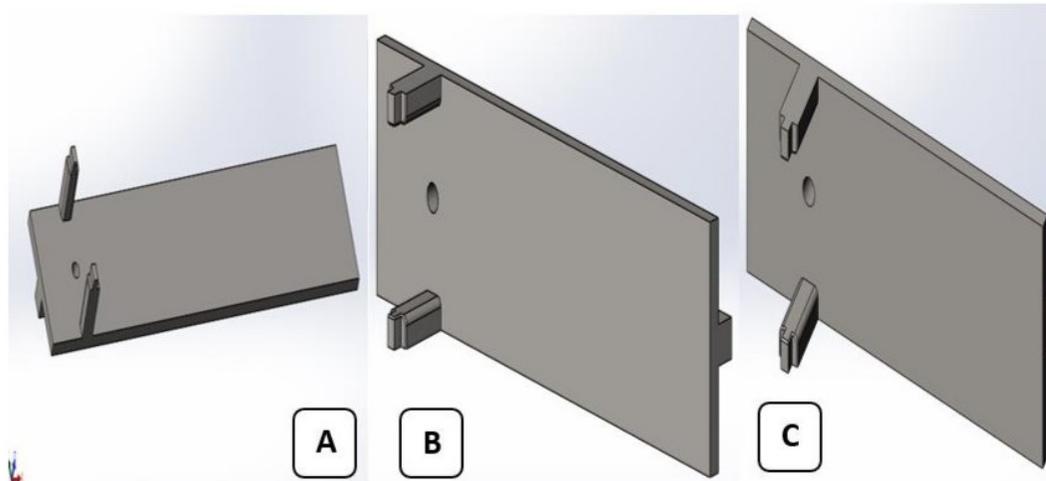
Se diseñó una pieza escalonada (Figura 18) la cual va tener la función de sostener el resorte cuando este se comprima por la acción del sujetador, ira soldada a la cara del resorte, esta pieza se acomoda al girar el posicionador encajando en el espacio que hay entre los paneles, evitando que se salga el resorte y el tornillo Allen.

Figura 18 Pieza escalonada.

Fuente: Propia, 2020.

Se diseñó una platina en la cual ira sujetado el elemento neumático por medio de tornillos dependiendo del elemento se deberán hacer unas perforaciones y una rosca en estas perforaciones, para así atornillar el elemento a la platina quedando sujetado, cabe aclarar que las platinas tienen el espacio suficiente para atornillar el elemento, se diseñaron tres tamaños de platinas diferentes (Figura 19), debido a los diferentes tamaños de los elementos, esta platina encaja perfectamente en los espacios que hay entre los paneles del banco vertical, esta platina tiene su sistema de sujeción de acople rápido, por el orificio entra el tornillo Allen y en los dos paralelos que se ven en la imagen encaja el sujetador.

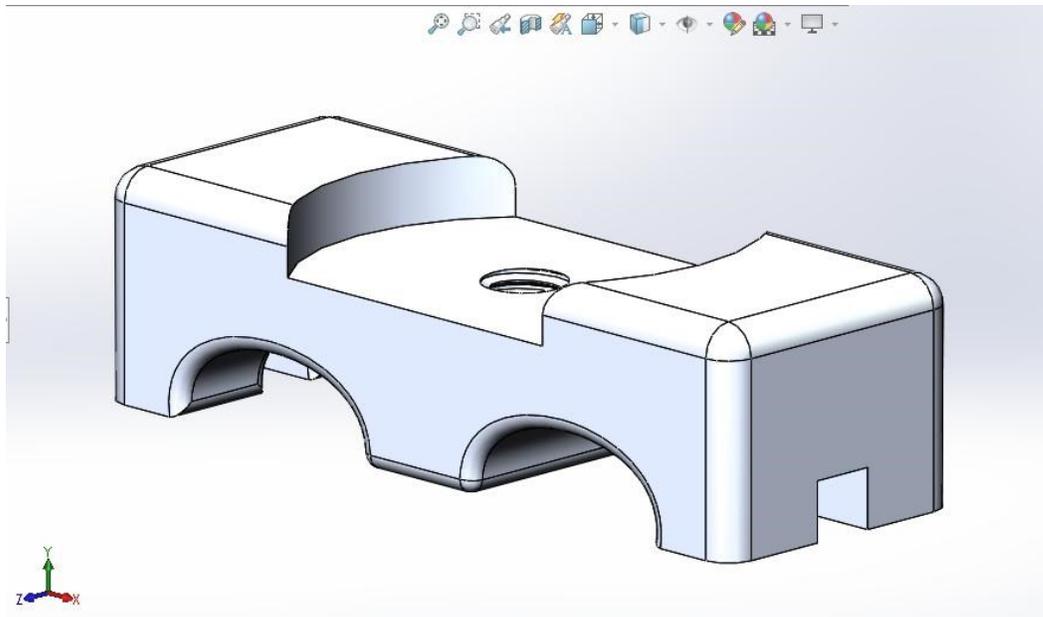
Figura 19 A. Platina para cilindros neumáticos, B. Platina para temporizador y válvula 5/2 y C. Platina para válvulas (3/2, limitadora de caudal, de simultaneidad) y final de carrera.



Fuente: Propia, 2020.

Se diseñó un sujetador (Figura 20), el cual es ergonómico ya que se tuvo en cuenta las medidas de los dedos de una persona según estudios de antropometría tomado del anexo F. El sujetador va enroscado al tornillo Allen. Este es manipulado por el estudiante o docente, se hala con dos dedos de la mano; el índice y el medio, hacia la posición de la persona que lo está manipulando, posteriormente se le da un giro de 90° quedando de manera vertical y paralelo a los paraleles de la platina, luego se suelta y queda encajado en estos paraleles.

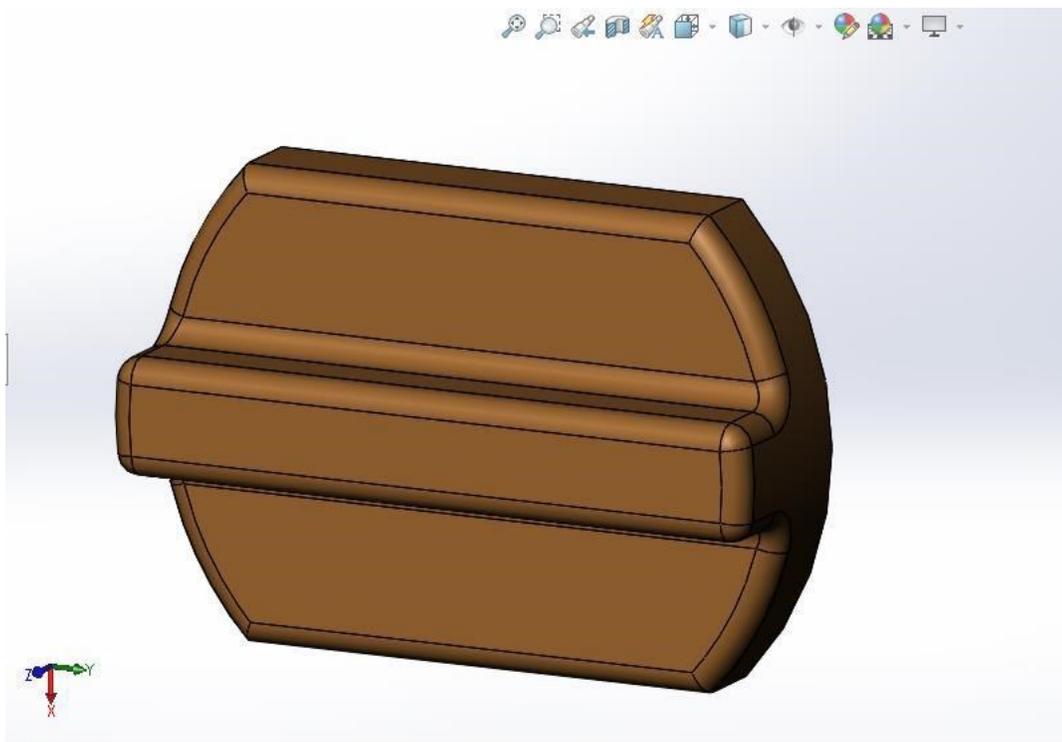
Figura 20 Sujetador.



Fuente: Propia, 2020.

Se diseñó una pieza llamada posicionador (Figura 21), el cual encajara en el sujetador e ira soldado a las ultimas roscas del tornillo Allen, la función de esta pieza es posicionar la pieza escalonada que estará en la parte trasera del banco vertical, por eso la importancia de que quede fijo al tornillo, esta pieza la manipulara el usuario girándola 90° de manera que quede paralela a los paraleles de la platina.

Figura 21 Posicionador.

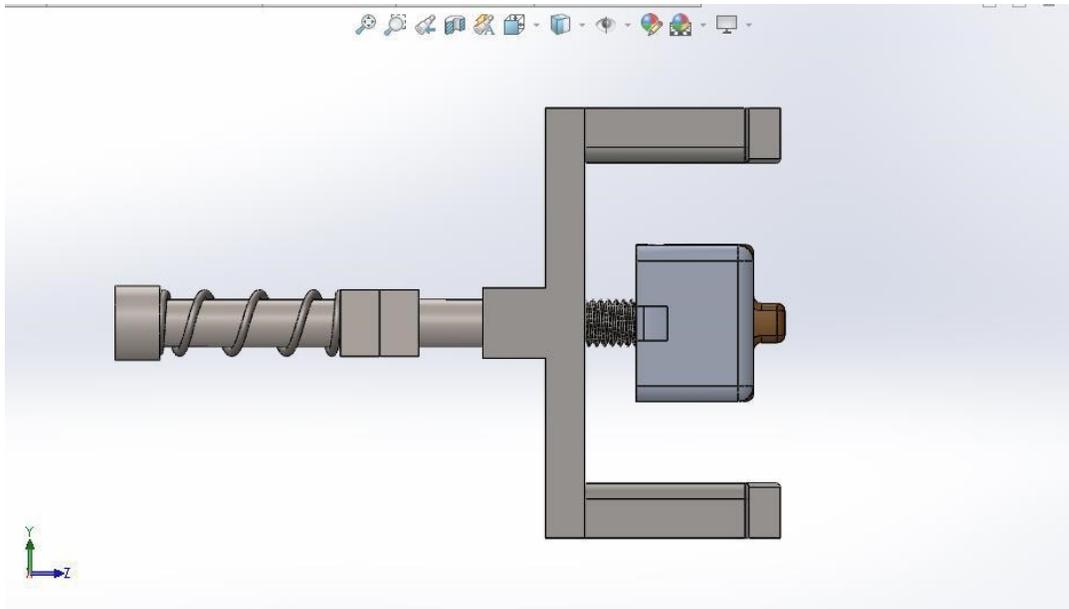


Fuente: Propia, 2020.

5.6 Ensamblaje de todas las piezas

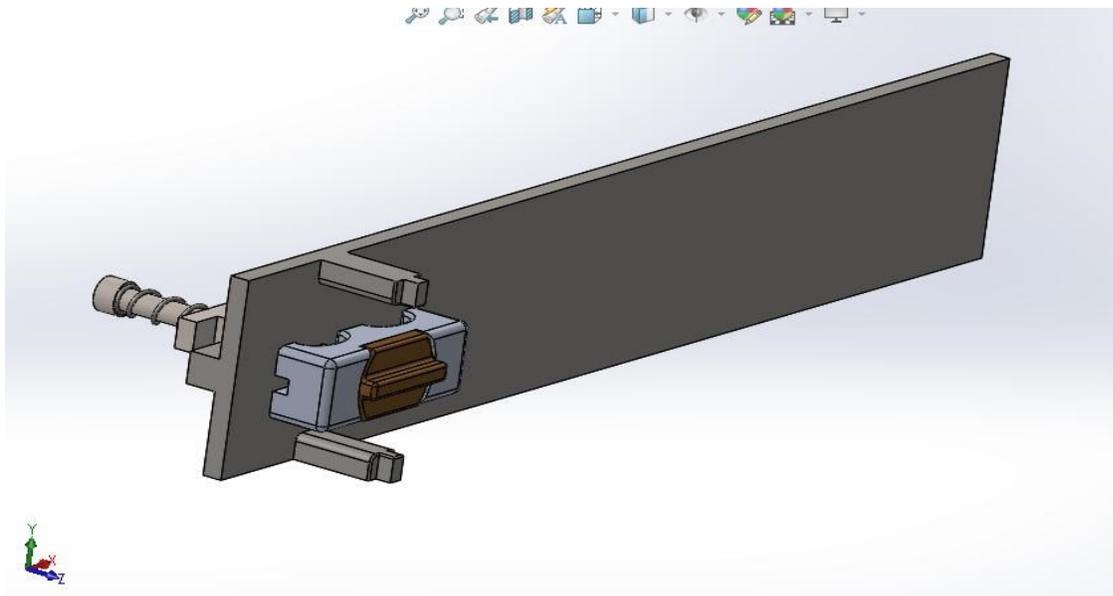
Se procedió hacer el ensamblaje de todas las piezas, en diferentes vistas (Figura 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28,29):

Figura 22 Vista lateral del sistema de sujeción ensamblado

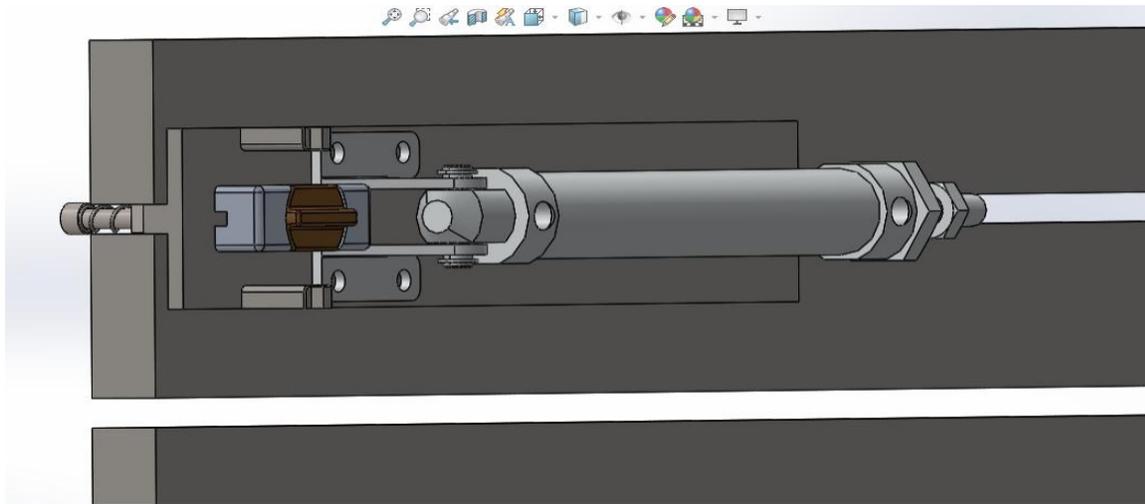


Fuente: Propia, 2020.

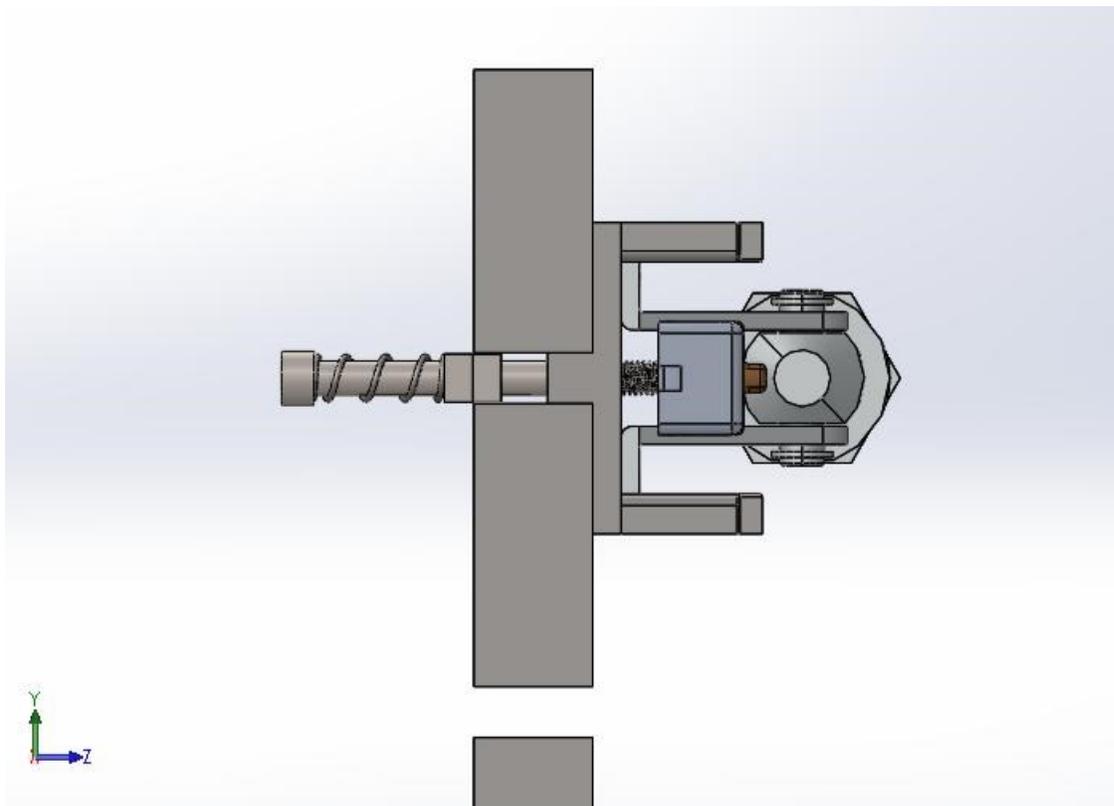
Figura 23 Vista total del sistema



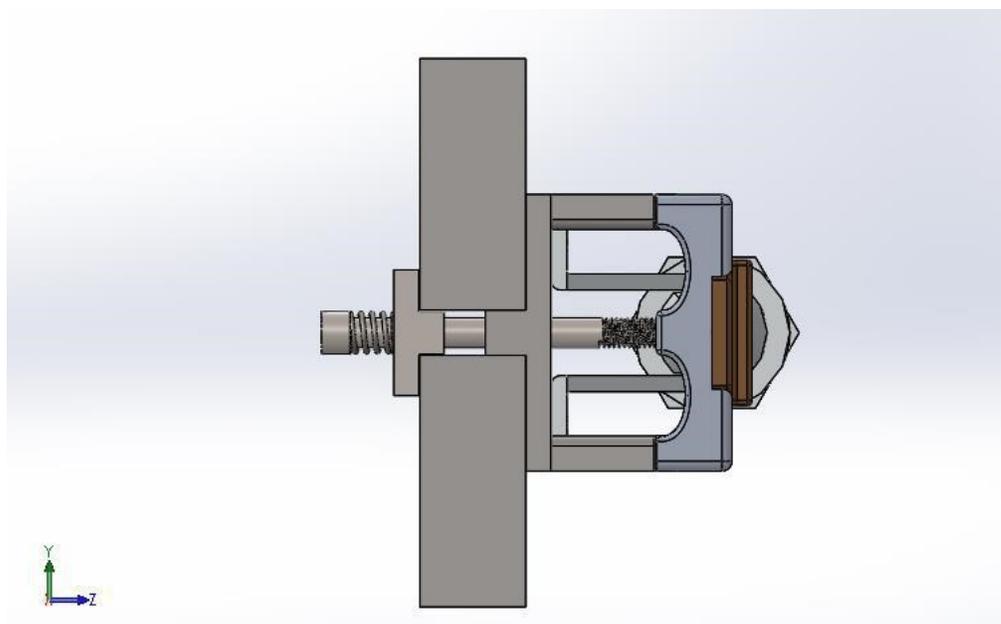
Fuente: Propia, 2020.

Figura 26 Sistema ensamblado al panel del banco

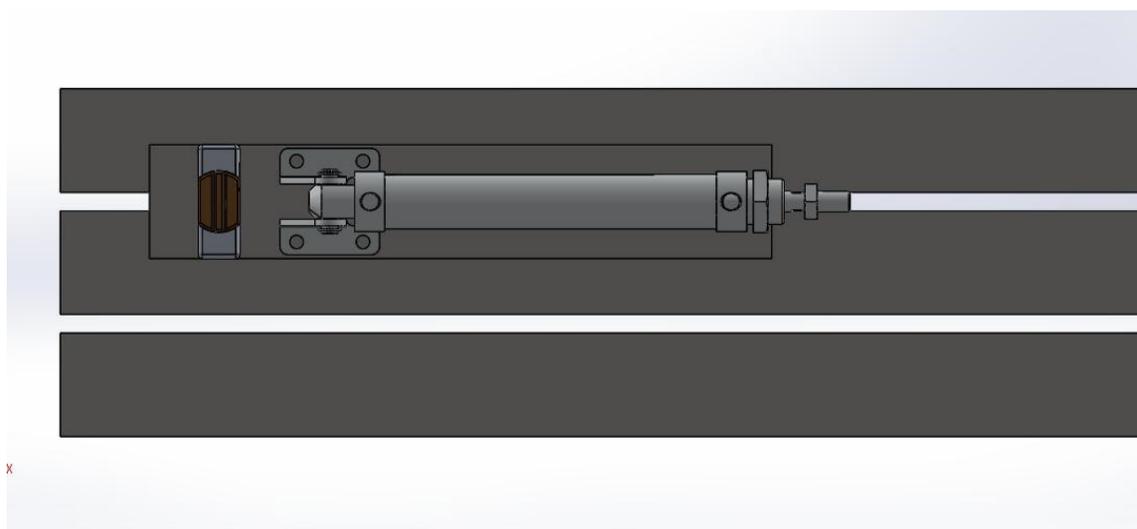
Fuente: Propia, 2020.

Figura 27 Vista lateral del sistema ingresando al panel del banco

Fuente: Propia, 2020.

Figura 28 Vista lateral del sistema sujetado al panel del banco vertical

Fuente: Propia, 2020.

Figura 29 Vista frontal del sistema sujetado al panel del banco vertical

Fuente: Propia, 2020.

6. Conclusiones

En base a las diferentes medidas tomadas a los elementos neumáticos fijos de los bancos y su morfología, se tomó el cilindro neumático ya que es el elemento más grande y pesado para realizar los cálculos de la fuerza necesaria que debe hacer el sistema de sujeción de acople rápido, la cual es de 132,67 N.

Se diseñó un sistema de sujeción, como su nombre lo dice de acople rápido para facilitar y tener una versatilidad a la hora de hacer los montajes de las diferentes prácticas de las clases de neumática, en el banco vertical del laboratorio de neumática, este sistema de sujeción nos brinda la posibilidad de sujetar los elementos neumáticos al banco vertical desde la parte frontal sin necesidad de que el estudiante o profesor deba trasladarse a la parte trasera del mismo banco para sujetar los elementos, mejorando notablemente la manera de fijación de los elementos, teniendo como resultado un sistema totalmente modular, fácil de montar y desmontar siendo manipulado por la persona de manera sencilla introduciendo el sistema completo en el panel del banco vertical, girando el posicionador 90° para posicionar la platina escalonada, quedando de manera vertical encajando en el espacio entre los paneles del banco posteriormente agarrando el sujetador con el dedo índice y medio, halándolo hacia su cuerpo comprimiendo así el resorte ubicado en la parte posterior, luego girando este mismo 90° quedando paralelo al posicionador, enseguida al soltarlo quedara encajado y asegurado todo el sistema al banco vertical.

7. Recomendaciones

Se recomienda implementar el diseño del sistema de sujeción de acople rápido para mejorar los montajes de las practicas del laboratorio de neumática UAN sede sur

Se recomienda realizar la manufactura de las piezas del sistema de sujeción para ponerlo en práctica.

Se sugiere que la Universidad Antonio Nariño adquiera bancos verticales para poder implementar el sistema de sujeción de acople rápido en más elementos neumáticos fijos

8.2 Anexo B: Coeficiente de fricción

Coeficiente de fricción de algunos elementos. (Wilson, Buffa, & Lou, 2007)

Magnitud	μ_e (estático)	μ_d (dinámico)
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	-	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Teflón sobre Teflón	0.04	0.04
Hielo sobre Hielo	0.1	0.03

8.3 Anexo C: Propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas de algunos alambres para resortes. (Budynas & Nisbett, 2008)

Material	Límite elástico, porcentaje de S_{ut} , tensión, torsión		Diámetro d , pulg	E		G	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6

8.4 Anexo D: Resistencia del alambre y costo relativo

Resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes y costo relativo del alambre. (Budynas & Nisbett, 2008)

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A , kpsi · pulg ^{m}	Diámetro, mm	A , Mpa · mm ^{m}	Costo relativo del alambre
Alambre de piano [*]	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite [†]	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro [‡]	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo- vanadio [§]	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo- silicio	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 [#]	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado ^{**}	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

8.5 Anexo E: Cotización de resorte

Cotización de un resorte helicoidal con las especificaciones del diseño, por un valor de \$ 2.500.00 COP

INTER RESORTES G.M.

 RESORTES PARA AUTOMOTORES E INDUSTRIA

MARÍA INÉS GARAVITO
 NIT. 29.977.220-8 Régimen Común
 FABRICA: Cra. 27 No. 4769 Tel. 311 584 91 09
 Cel: 311 584 91 09 * Bogotá D. C.
 ventas.alirio7@gmail.com
 interresortes@hotmail.com
 www.interresortes.com

COTIZACIÓN
2849

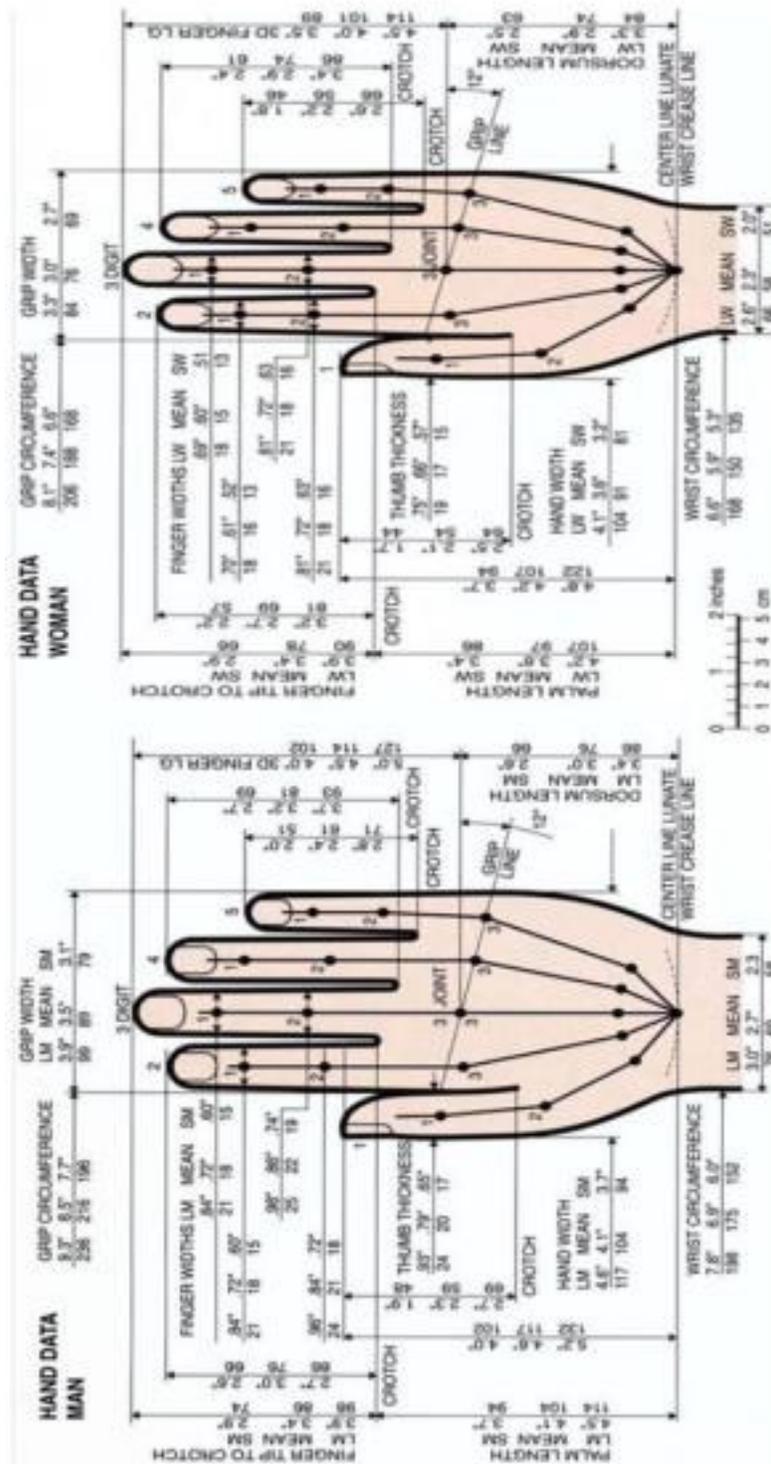
SEÑOR: JONI BEBEAN
 DIRECCIÓN: _____ TEL: 3014378010

CANT.	DESCRIPCIÓN	VR. UNITARIO	VALOR
1	RESORTE S/M MHS 1UH 13%	\$2.500=	
			SUMA \$
			TOTAL \$

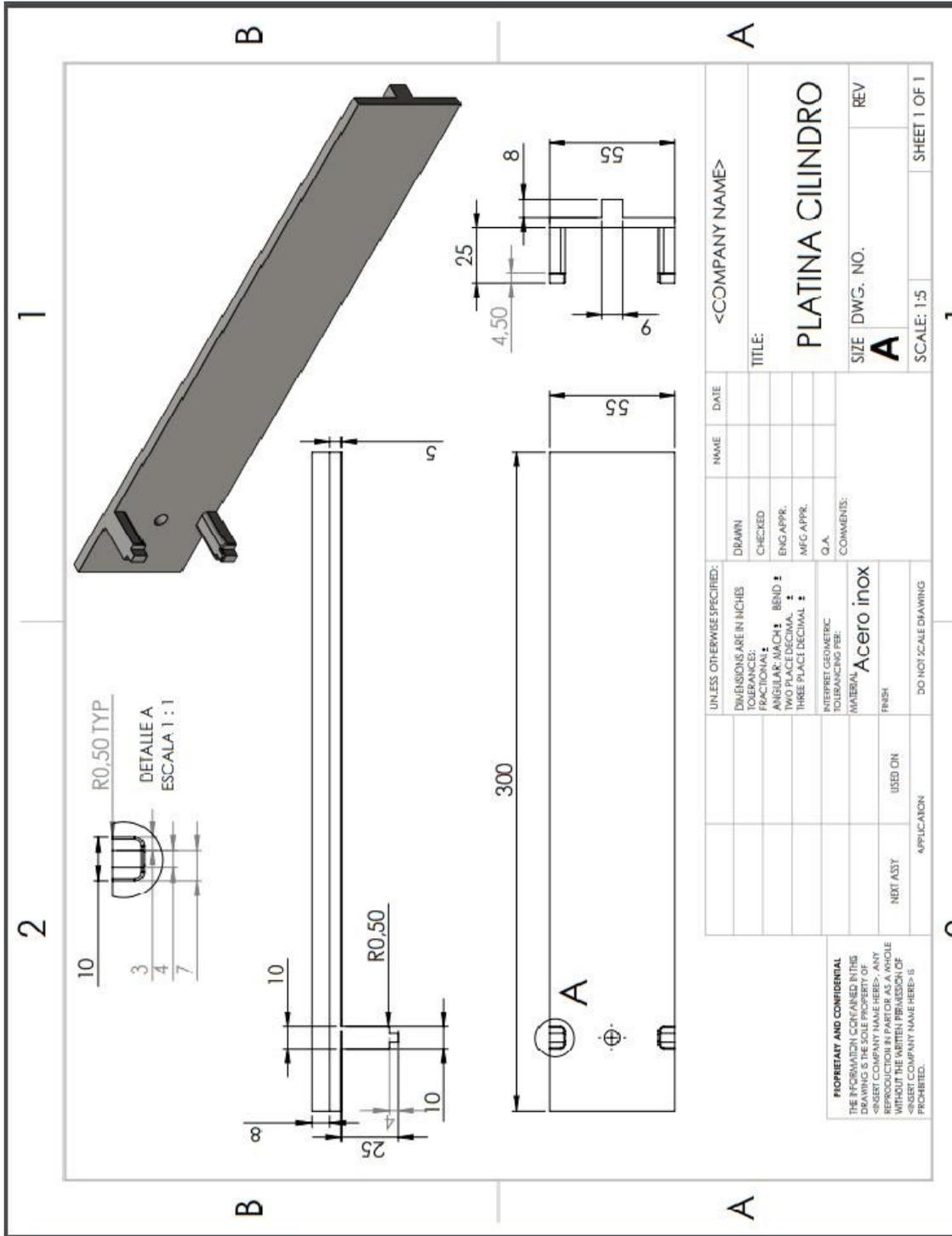
Atentamente: _____

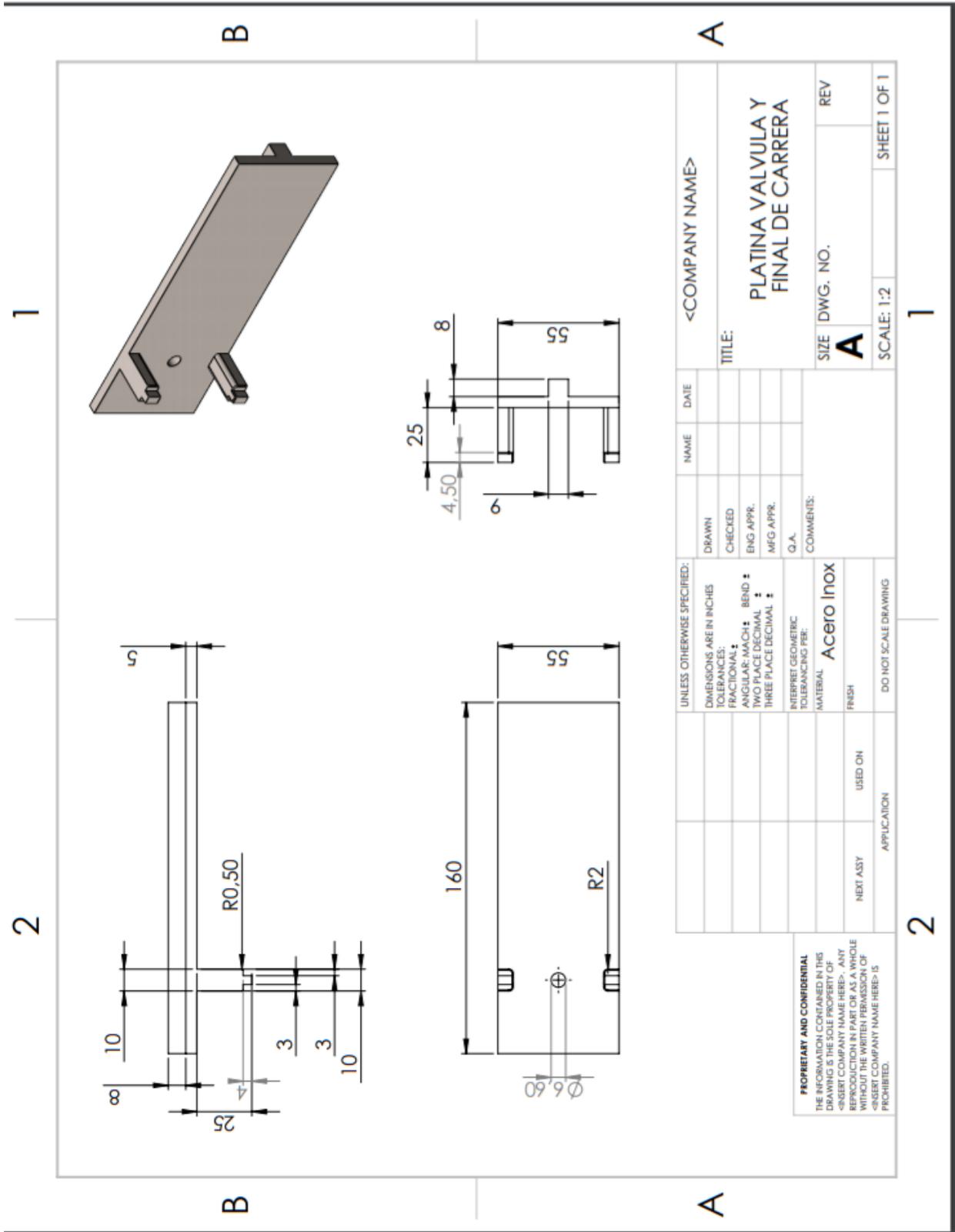
8.6 Anexo F: Medidas antropométricas de la mano humana

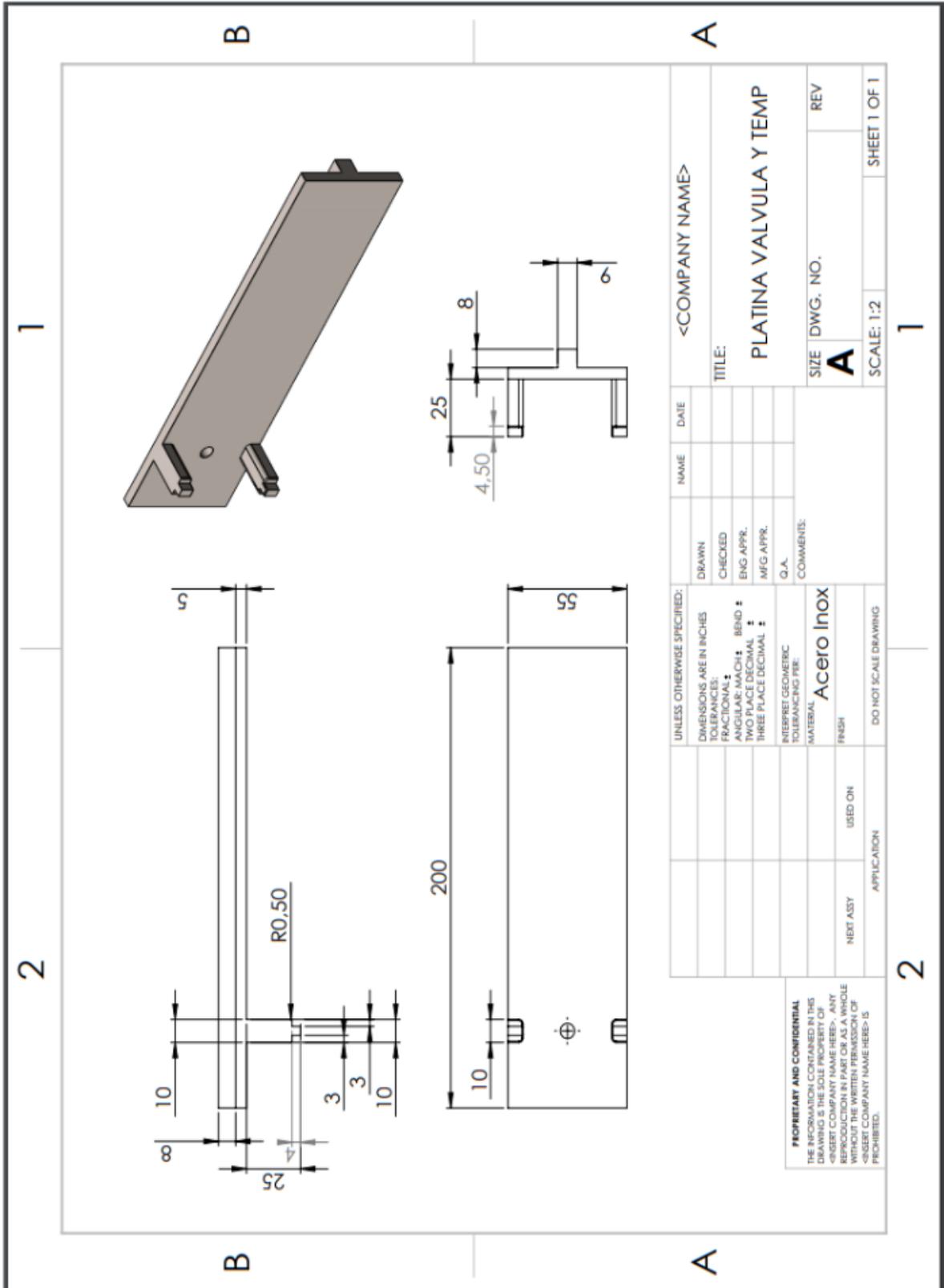
(Difrient, Tilley, & Bardagjy, 1974)

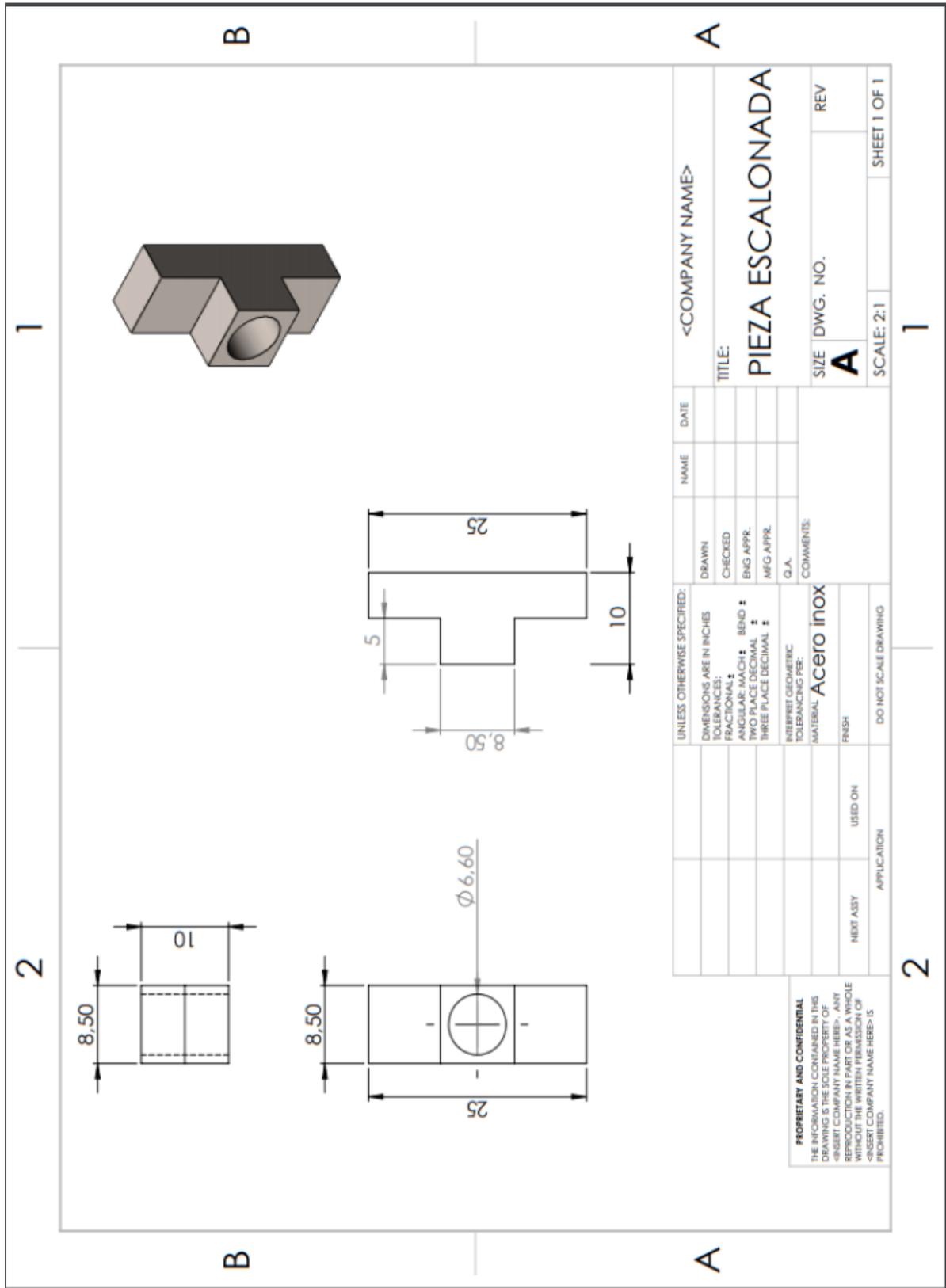


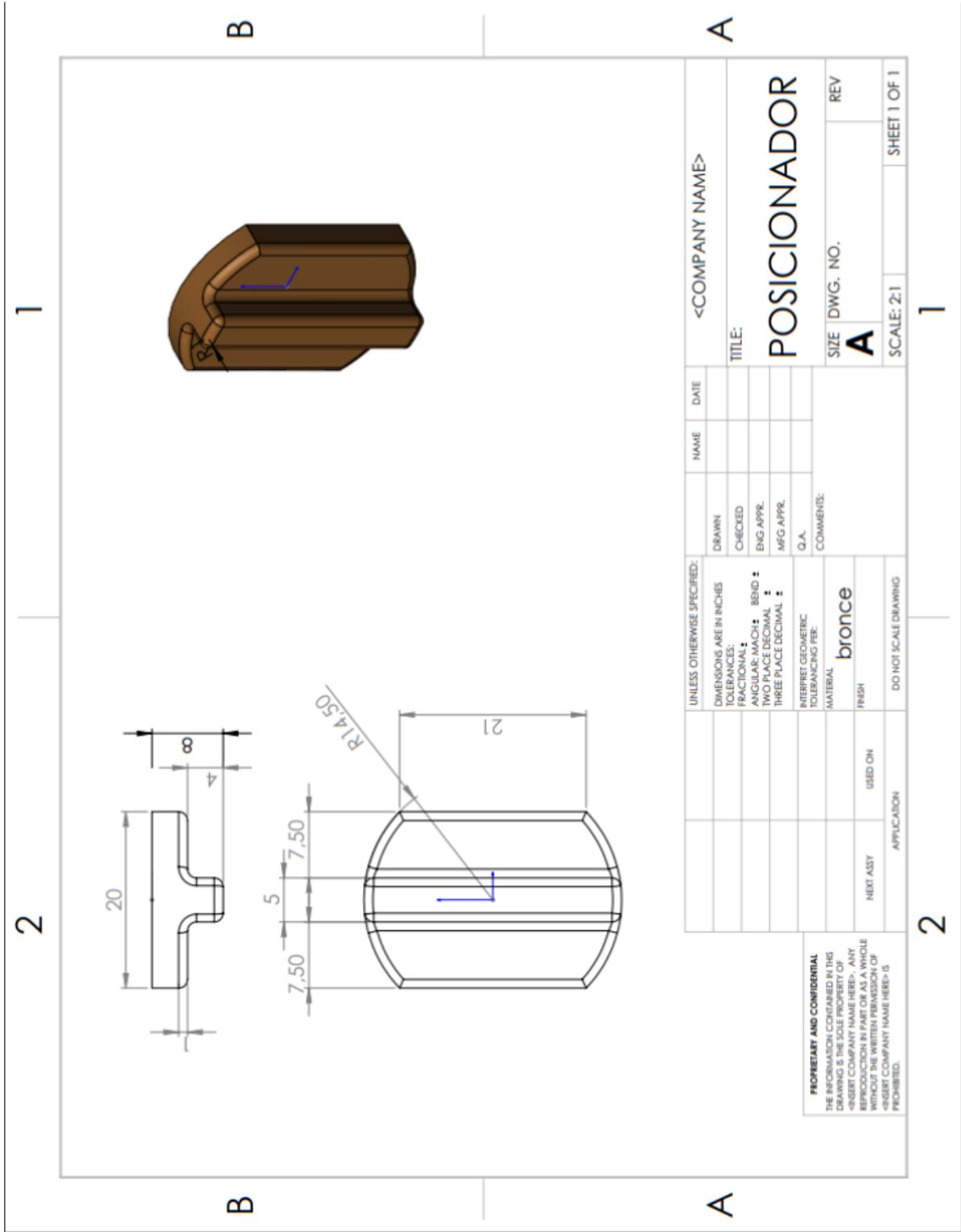
9. Planos







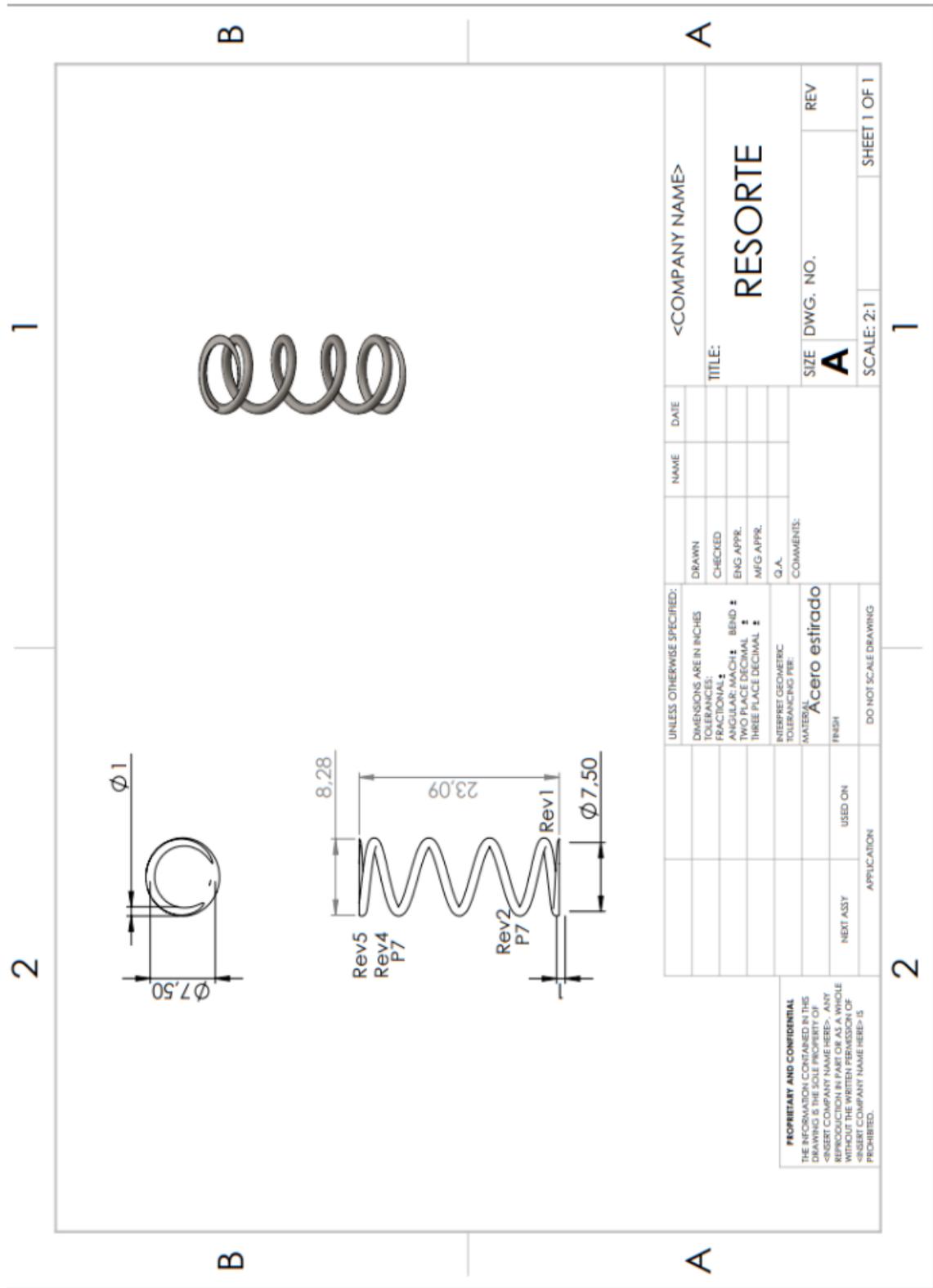




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	<COMPANY NAME>
DIMENSIONS ARE IN INCHES		DRAWN		
TOLERANCES:		CHECKED		TITLE:
FRACTIONAL:		ENG. APPR.		POSICIONADOR
ANGULAR: MACH :	BEND :	MFG APPR.		SIZE DWG. NO.
TWO PLACE DECIMAL :	THREE PLACE DECIMAL :	G.A.		A
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		COMMENTS:		REV
MATERIAL		bronce		SCALE: 2:1
FINISH				SHEET 1 OF 1
NEXT ASSY	USED ON	APPLICATION		
DO NOT SCALE DRAWING				

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

2 1 B A



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF ACERO ESTIRADO. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PART AND AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF ACERO ESTIRADO. REPRODUCTION OF THIS DRAWING WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF ACERO ESTIRADO IS PROHIBITED.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES FRACTIONAL ANGULAR MATCH BEND TWO PLACE DECIMAL THREE PLACE DECIMAL INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		DRAWN	NAME	DATE	<COMPANY NAME>
MATERIAL Acero estirado FINISH		CHECKED			
DO NOT SCALE DRAWING		ENG APPR.			TITLE: RESORTE
APPLICATION		MFG APPR.			SIZE DWG. NO. A
NEXT ASSY	USED ON	Q.A.			REV
		COMMENTS:			SCALE: 2:1
					SHEET 1 OF 1

10. Bibliografía

- Andrade, A., & Quintero, L. (2014). *Diseño e implementación de un banco de pruebas electroneumático, para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la universidad Politecnica Salesiana*. Guayaquil, Ecuador. .
- Apud, E., & Mayer, F. (2003). The importance of ergonomics for health workers. *Scielo*, 15-20.
- Avila, B. (2000). *Sistemas de sujeción y soporte mecanico*. San Nicolás.: Fondotesis. .
- Banquedano, J. (2013). *Apuntes de neumática básica*. Fuenmayor(La Rioja).
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). Resortes mecánicos . En R. Budynas, & K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (págs. 500- 542). Mexico : McGraw-Hill.
- Cerda, E. (2013). *Fundamentos de la ergonomía*. Obtenido de Sigwed:
<http://www.sigweb.cl/wp-content/uploads/biblioteca/FundamentosErgonomia.pdf>
- Corp, N. S. (2018). *Fabricación de los resortes y el costo de los materiales* . EEUU:
Kando@newcombspring.com.
- Corporation, D. S. (2015). *Introducción a SolidWorks*. EE.UU.: software@2000-2014 Tech Soft 3D.
- Difrient, N., Tilley, A., & Bardagjy, J. (1974). *Humanscale 1/2/3*.
- Estrada, D. (21 de Mayo de 2015). *SlideShare*. Obtenido de Resortes Helicoidales :
<https://es.slideshare.net/cyberchapin/resortes-helicoidales>
- Estrucplan. (28 de Junio de 2002). *Consideración ergonómica del hombre, criterios de valorización del trabajo*. . Obtenido de
<https://estrucplan.com.ar/producciones/contenido-tecnico/p-higiene-industrial/consideracion-ergonomica-del-hombre-criterios-de-valoracion-del-trabajo/>
- Fernández, J. (2015). *Manual de prácticas de CAD utilizando el programa Solidworks 2014*. Cuatitlán Izcalli de México. Obtenido de
http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m9/MANUAL_DE_PRACTICAS_DE_SOLIDWORKS.pdf
- Fernández, J. M. (2018). *Neumática básica*. Obtenido de Euskalnet:
<http://www.euskalnet.net/j.m.f.b./neunatica.htm>
- Fernández, L., & Coronado, G. (Abril de 2013). *FISICALAB*. Obtenido de ¿Qué es la fuerza de rozamiento o de fricción?: <https://www.fisicalab.com/indice/inicial>
- Garcia, E. (2018). *Automatizacion con elementos neumaticos*. Obtenido de slideplayer:
slideplayer.es/slide/12779665/
- García, J. (2015). *Proyecto técnico- económico de diseño y fabricación de un utillaje de sujeción modular para soldadura de chasis de bicicletas*. Madrid.

Bibliografía

- Gutierrez, J. (2017). *Diseño y fabricación de una prensa neumática*. Pereira.
- Hernández, Camargo, Durán, Pacheco, Roldán, & Duque. (2015). *CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS ELECTRONEUMÁTICAS*. Barranquilla: jduque@itsa.edu.co.
- Hernández, J., Díaz, J., Arango, A., Bravo, E., Bedoya, M., Quijano, M., . . . Valencia, J. (2010). *Diseño e implementación de modelo electro neumático*. Medellín: Universidad de San Buenaventura .
- HNSA. (2019). *Bancos didácticos neumáticos*. Obtenido de Hidraulica y neumatica S.A: <http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos-neumaticos/>
- INDUSTRIAL), S. (. (2000). *Soluciones integrales para la formación neumática y electroneumática*. Japón : training@smctraining.com.
- Jerez, C. (22 de Septiembre de 2016). *Neumáticos*. Obtenido de Blogspot: <http://cielojerezaulatec.blogspot.com/2016/09/ventajas-y-desventajas-de-la-neumatica.html>
- Luna, D. (23 de Junio de 2014). Sistema neumáticos, componentes y funcionamiento.
- Madrid, I., & Cañas, J. (2015). *Ergonomía*. Granada: Tecnos.
- Martinez, E. (5 de Febrero de 2013). *Cálculo de resortes Helicoidales de comprensión*. Cartagena. Obtenido de ¿Qué son los resortes helicoidales?: <https://rehisaresortes.mx/que-son-los-resortes-helicoidales/>
- Meneses, J. (9 de Diciembre de 2014). *Elementos de sujeción*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/lvxgn5mzxdp/elementos-de-sujecion/>
- Nariño, U. A. (2020). *Ingeniería en control y automatización industrial* . Bogotá: uan.edu.co.
- Nogueira, L. (2013). *Tecnología neumática industrial*. Brazil: training.brazil@parker.com.
- Ondina. (6 de Junio de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Resorte o muelle Helicoidal : <https://es.slideshare.net/romeliamp/resorte-o-muelle-helicoidal>
- Pasquale, L. (2013). *INTOR (Manufacturing solutions)*. Obtenido de Calculo de fuerza de un cilindro neumático: <http://www.intor.com.ar/calculo-de-fuerza-de-un-cilindro-neumatico/>
- Piñango, J. (13 de Mayo de 2018). *SlideShare*. Obtenido de Proyecto de elementos accesorios elasticos: <https://es.slideshare.net/JosRafaelPiangoRamre/calculo-de-resortes>
- Rodríguez, A. (2007). *Diagramas de cuerpo libre de partículas*. Colombia.
- S.A., R. D. (17 de Febrero de 2016). *Resortes helicoidales y sus características* . Obtenido de REHISA RESORTES: <https://rehisaresortes.mx/caracteristicas-de-los-resortes-helicoidales/>
- Spring, A. (2020). *Resortes de comprensión*. Obtenido de <https://www.acsesspring.com/espanol/>
- Taiyo LTD. (1997). *Parker TAIYO*. Obtenido de <http://www.taiyo-ltd.co.jp/eg/index.html>

Torrijos. (2019). *¿Qué es Solidworks y para qué sirve?* Colombia : ayto-torrijos.com.

UAN. (2005). *Proyecto Educativo Institucional PEI*. Bogotá: acreditacion.uan.edu.co.

Wilson, J. D., Buffa, A. J., & Lou, B. (2007). Friccion. En *Fisica*. Méxic: PEARSON EDUCACIÓN.