

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**



**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE DOS MESAS DE  
SUBENSAMBLE PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**P R E S E N T A :**

**MIGUEL ANGEL MORALES ALMAZAN**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. ÁLVARO TORRES ISLAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

*1- En primer lugar, quiero agradecer a Dios, porque todo lo que tengo, lo que he alcanzado y lo que soy es gracias a Él, porque “todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (RVR1960 Filipenses 4:13).*

*2- En segundo lugar, quiero agradecer a mi amada esposa, mi mujer virtuosa quien ha estado a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento, con quien he compartido desvelos, desánimos, dificultades, alegrías y triunfos. Gracias por ser esa ayuda idónea que todo hombre necesita en su vida, gracias por todo tu amor y por dedicar tu vida cada día a nuestra hermosa princesa y a mí, te amo.*

*Así mismo agradezco a mi hija Keymi por ser mi motivación cada mañana para querer ser un mejor hombre, esposo, padre, profesionalista y así poder ser ese ejemplo de hombre que debe tener en su vida, doy gracias a Dios por tu vida mi princesita, por tener el privilegio de ser tu padre y poder compartir cada logro contigo y con mami, te amo.*

*3- En tercer lugar, agradezco a mi madre, tus esfuerzos son impresionantes y tu amor es para mí invaluable, junto con mi padre me has educado, me has proporcionado todo y cada cosa que he necesitado, gracias mamá y papá, los amo.*

*De igual forma agradezco al resto de mi hermosa familia por animarme siempre a salir adelante.*

*4- Por último, agradezco especialmente a mi hermano Enrique por haberme brindado su apoyo durante toda la carrera, gracias hermano Dios te bendiga, te quiero.*

## **CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN -----	4
JUSTIFICACIÓN -----	6
OBJETIVOS -----	7
1.1 Objetivo general	
1.2 Objetivos específicos	
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>METODOLOGÍA QFD (Quality Function Deployment)</b>	
1.1 Despliegue de la Función de Calidad (Quality Function Deployment) QFD -----	8
1.2 Identificación del cliente -----	12
1.3 Determinación de los requerimientos y expectativas del cliente -----	22
1.4 Análisis comparativo con productos existentes -----	25
1.5 Establecimiento de las metas de diseño -----	27
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>DISEÑO DETALLADO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MESAS</b>	
2.1 Metodología, Diseño y Modelado en SolidWorks -----	28
2.2 Funcionamiento y características -----	32
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>ANÁLISIS Y FABRICACIÓN</b>	
3.1 Generalidades del programa de diseño SolidWorks -----	40
3.2 Análisis estructural y de materiales -----	42
3.3 Procedimiento de fabricación -----	73
3.4 Mesas terminadas -----	73
CONCLUSIONES -----	74
REFERENCIAS -----	76
REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS -----	78
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO 1 (Resultados análisis estáticos) -----	80
ANEXO 2 (Especificaciones técnicas de los actuadores neumáticos) -----	83
ANEXO 3 (Diseño conceptual, diseño detallado y fabricación) -----	85
ANEXO 4 (Información complementaria) -----	113

# INTRODUCCIÓN

La industria automotriz es una de las más grandes del mundo, tal es así que en México contribuye de manera positiva y significativa al Producto Interno Bruto (PIB), al empleo en el país y al buen comportamiento del mercado interno.

En México la industria automotriz representó el 3.8% del PIB total del país en el 2019, esto de acuerdo a datos proporcionados por la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)<sup>1</sup>, las ventas al público en el mercado interno nacional de vehículos ligeros en el mismo año fueron de 1,317,727 unidades, la producción total de vehículos ligeros en México en el 2019 fue de 3,750,841 unidades y la exportación nacional de vehículos ligeros en el mismo año fue de 3,333,586 unidades, todo esto según el registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros del INEGI en el año 2019<sup>2</sup>.

Dentro de la industria automotriz existen diversos procesos de montaje en las líneas de producción de las empresas, los cuales se dividen en un sin fin de procesos de acuerdo con cada parte del vehículo que se vaya a montar o ensamblar dependiendo el tipo y modelo de auto que se fabrique. La industria automotriz para facilitar las tareas en los procesos de ensamble cuenta con sistemas de apoyo tales como áreas de pre-montaje y mesas de subensamble las cuales ayudan a hacer de manera adecuada, fácil y rápida a los operadores el correcto montaje de los componentes necesarios en dicho proceso.

El despliegue de la función de calidad es conocido con el acrónimo inglés QFD (Quality Function Deployment). Es un sistema que permite lograr la mejora continua involucrando al cliente. Él Dr. Mizuno define el QFD como: “el despliegue paso a paso con el mayor detalle de las funciones que conforman la calidad con procedimientos objetivos”.<sup>3</sup>

Así que el QFD ayuda a entender lo que el cliente quiere para redirigir a lo que la organización produce. Le permite a una organización dar prioridad a las necesidades de los clientes, encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades y mejorar los procesos que se tienen dentro de una empresa. El QFD en pocas palabras permite a una organización sobrepasar las expectativas del cliente.

Es por ello, que esta tesis se enfocará en el diseño y fabricación de 2 mesas de subensamble, esto con la finalidad de dar solución a problemas y necesidades identificadas por el usuario (industria automotriz) en el ensamble de 2 escapes y 1 tubería de presión con sus respectivos sensores de temperatura y válvulas dosificadoras, todo de manera automatizada. Esto a través de actuadores neumáticos, que condicionen al operador el correcto montaje de los componentes.

Para esto se realizará un levantamiento en planta al usuario en el cual proporcionará todas sus necesidades, ideas, puntos de vista, requerimientos y materiales que solicite o considere adecuados.

Con toda la información obtenida se dará inicio al desarrollo de la propuesta de diseño en tercera dimensión (3D) en el software de Diseño Asistido por Computadora, por sus siglas en inglés CAD (Computer Aided Desing) SolidWorks.

Para una buena elección del material y seguridad en la resistencia de estos, se realizarán estudios estáticos en los diseños de las estructuras de las mesas, así como en las geometrías de las piezas mecánicas que sostendrán los componentes (escapes y sensores) sin dañar la superficie de estos mediante el análisis de esfuerzos de von Mises en el software de diseño SolidWorks, así como la fabricación de los planos en segunda dimensión (2D) de las piezas mecánicas para su manufactura.

Finalmente se llevará a cabo la fabricación de dichas mesas de subensamble en base a los diseños realizados.

## JUSTIFICACIÓN

Este proyecto fue pensado principalmente por una necesidad del cliente (industria automotriz), la cual es dar el correcto torque al ensamble de tres componentes, una tubería de presión y dos escapes, mediante dos mesas de subensamble, una mesa para la tubería de presión y una para los dos escapes, el ensamble tiene que cumplir con la correcta posición y ángulo de los sensores y válvulas dosificadoras de dichos componentes, permitiendo así el fácil y correcto ensamble de estos, ya que el operador no da siempre la posición y torque adecuados, esto porque no hay nada que lo condicione, teniendo la libertad de dar el torque y posición que el considere adecuados debido a que los sensores de temperatura y válvulas dosificadoras tienen formas y posiciones irregulares, al momento de aplicar el torque en el ensamble estos componentes giran en sentido horario por la aplicación del torque de apriete a la derecha y no hay un tope que los restrinja haciendo que estos componentes queden ensamblados en posiciones erróneas, esto se ve reflejado en los siguientes puntos de ensamble de la línea de producción, ya que los escapes, tubería de presión, sensores y válvulas dosificadoras se ensamblan con otros componentes y al tener estas posiciones diferentes a lo que deberían tener, los ensambles no coinciden, causando retrabajos, residuos y pérdidas de tiempo, que a su vez causan pérdidas económicas a corto y mediana plazo.

Para dar solución a esta problemática las mesas de subensamble que se desarrollaran condicionarán al operador a realizar el ensamble siempre en la misma posición mediante sistemas a prueba de errores (poka-yoke) y el torque adecuado mediante el bloqueo de los componentes usando actuadores neumáticos que se liberan únicamente al aplicar el torque necesario mediante la señal que arroja el torquímetro del cliente al Controlador Lógico Programable, por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller (PLC).

# OBJETIVOS

## 1.1 Objetivo general

Diseñar y fabricar dos mesas de trabajo para el pre-montaje de dos escapes y una tubería de presión, las cuales deben cumplir con la posición y ángulo de las válvulas dosificadoras y sensores de temperatura con respecto a los dibujos CAD de referencia proporcionados por el usuario. Para permitir al operador realizar el correcto montaje de los componentes aplicando el torque necesario para fijar los sensores.

## 1.2 Objetivos específicos

- Posicionar y bloquear los componentes (escapes y tubería de presión) mediante un sistema de sujeción con actuadores neumáticos y poka-yokes, así como sus respectivos sensores y válvulas dosificadoras de acuerdo con la posición del CAD.
- Garantizar la contención de los escapes y tubería de presión, válvulas dosificadoras y sensores hasta lograr el torque adecuado (75N) en el proceso de apriete.
- Diseño y análisis estático de los soportes y componentes necesarios para cumplir con los objetivos anteriores, así como sus respectivas mesas de subensamble para garantizar su buen funcionamiento, durabilidad y resistencia a las fuerzas aplicadas en el proceso de torque en el ensamble.
- Control de la mesa de subensamble mediante PLC y botonera por cada mesa.

# **CAPITULO 1**

## **METODOLOGÍA QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)**

### **1.1 Despliegue de la Función de Calidad QFD (Quality Function Deployment)**

En este capítulo se explica a detalle la metodología del QFD, según Yoji Akao “es un método que convierte las exigencias del cliente a características de calidad (medibles) y que ayuda a desarrollar un diseño de calidad del producto final desarrollado de forma sistemática (en la matriz de la “casa de calidad”) las relaciones entre las exigencias o características primarias de calidad y las características secundarias (o técnicas) de calidad.”<sup>4</sup>

#### **Historia del QFD**

“Los profesores Yoji Akao y Shigeru Mizuno son los primeros en implementar el hinshitsu kino tenka, que en inglés se tradujo como Quality Function Deployment (QFD, despliegue de las funciones de calidad), un método para incluir las expectativas del cliente antes de fabricar cualquier producto.

Akao desarrolló el QFD entre 1965 y 1967 en la empresa Matsushita Electric de Japón. En 1966, Kiyotaka Oshiumi de Bridgestone en Japón presentó la primera aplicación a gran escala usando un Diagrama Causa-Efecto para identificar las características de calidad del diseño del producto y del proceso (causas) y ligarlas con las necesidades del cliente (efectos).

En 1972 se aplicó el QFD al diseño de un buque petrolero en los astilleros de Kobe para la empresa Mitsubishi, usando ampliamente los Diagramas Causa- Efecto. De ahí surgió la idea de cambiar el formato de los mismos, anteponer las necesidades y los deseos del cliente (efectos) como filas y las características técnicas del producto (causas) como columnas.

Tres años después la Sociedad Japonesa de Control de Calidad (JSQC) integró un comité de estudio del QFD para formular su metodología y tras 13 años de trabajo publicaron un documento sobre las aplicaciones de la técnica en 80 empresas japonesas, que lo utilizaron para alcanzar diversos objetivos como establecer una calidad óptima de diseño de los artículos, realizar benchmarking con productos de la competencia, desarrollar nuevos productos, captar información de la calidad en el mercado, identificar puntos de control en la planta de producción, reducir los cambios en el diseño e incrementar la participación de mercado de los artículos".<sup>5</sup>

La combinación de estas ideas dio origen al QFD tal y como se conoce ahora.

### **Estructura del QFD**

La analogía más usada para explicar como está estructurado el QFD es una casa. La Figura 1.1 muestra como se desarrolla una matriz QFD básica.

#### **Componente 1:**

“La pared de la casa en el costado izquierdo, componente 1, es el input del cliente. Esta es la etapa en el proceso en la que se determinan los requerimientos del cliente relacionados con el producto.

#### **Componente 2:**

Para satisfacer los requisitos de los clientes, el productor trabaja a ciertas especificaciones de desempeño, y les pide a sus proveedores que hagan lo mismo. Este es el techo interior de la casa o componente 2. Una de las preguntas que contestará el proceso de QFD será la siguiente: ¿Son suficientes nuestros actuales requerimientos de manufactura para satisfacer o exceder los requerimientos de los clientes?

### **Componente 3:**

La pared derecha de la casa, componente 3, es la matriz de planeación, este es el componente más ampliamente asociado con QFD. La matriz de planeación es el componente que se usa para traducir los requerimientos del cliente en planes para satisfacer o sobrepasar esos requerimientos. Incluye marcar los requisitos del cliente en una matriz y los procesos de manufactura en otra, jerarquizando los requisitos del cliente y tomando decisiones relacionadas a las mejoras necesarias en los procesos de manufactura.

### **Componente 4:**

El centro de la casa, componente 4, es donde se convierten los requisitos del cliente en términos o expresiones de manufactura. Si un cliente quiere que la vida operativa (útil) de su producto sea doce meses en lugar de seis, ¿Qué significa esto en términos de los materiales empleados? ¿El diseño? ¿Los procesos de manufactura? Estos tipos de preguntas se contestan en este componente.

### **Componente 5:**

El fondo o base de la casa, componente 5, es donde se jerarquizan los requisitos del proceso que son críticos. ¿Cuál requisito de manufactura es más importante en términos de satisfacer o sobrepasar los requisitos del cliente? ¿Cuál es el siguiente, y así sucesivamente? Cada requerimiento jerarquizado del proceso recibe una puntuación que representa su nivel de dificultad o que tan difícil es lograrlo.

### **Componente 6:**

El techo exterior de la casa, componente 6, es donde se identifican las metas. Estas tienen que ver con los requisitos del productor. En vista de los requisitos de su cliente y de sus capacidades de manufactura, ¿Qué es lo mejor que puede hacer la organización? Este tipo de pregunta se contesta aquí".<sup>6</sup>

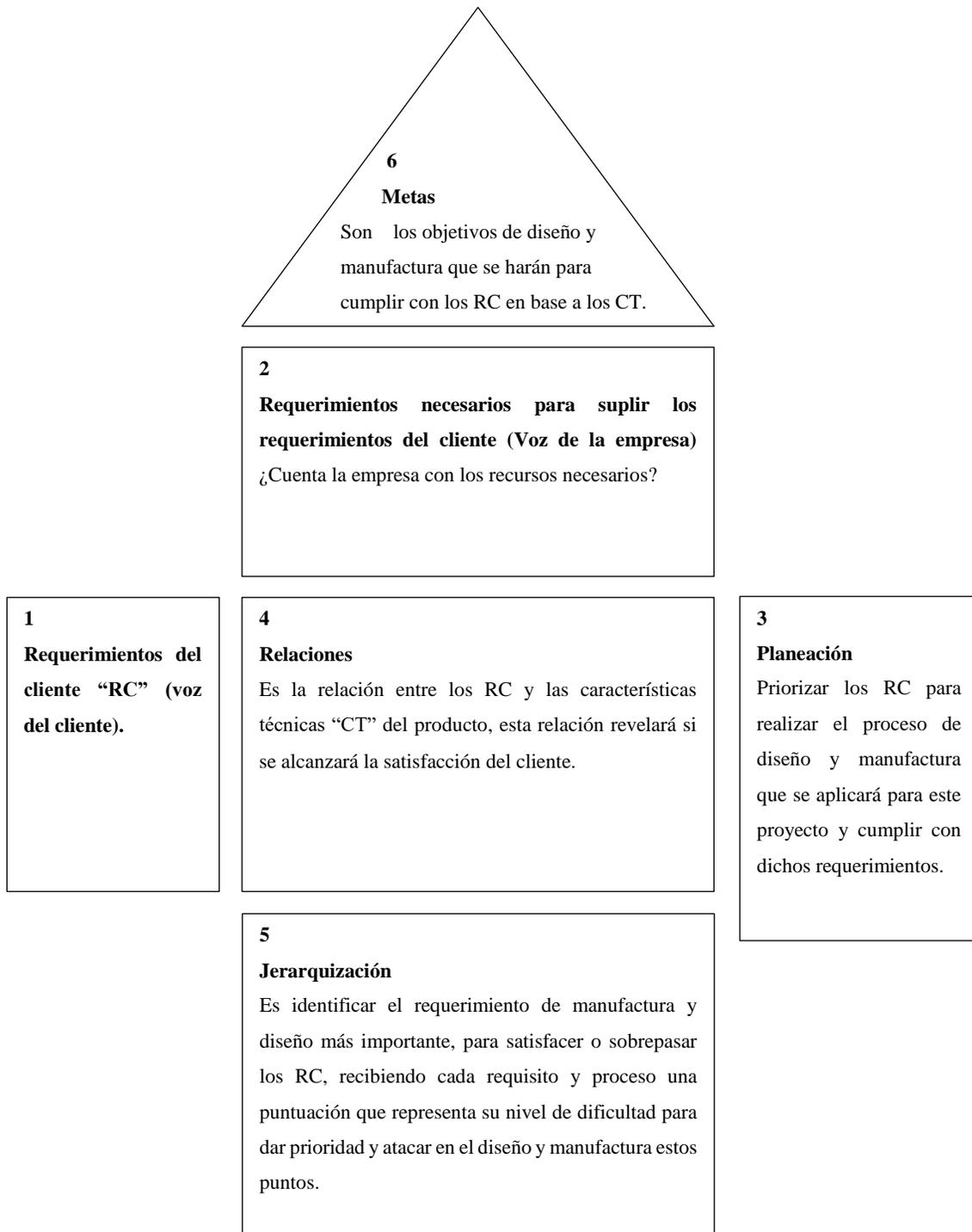


Figura 1.1  
Casa QFD  
Fuente: Elaboración propia.

## **1.2 Identificación del cliente**

Para tener un panorama completo del cliente (industria automotriz) para el que se realiza este proyecto es necesario conocer todo el desarrollo que se llevó en la industria, desde su inicio en la revolución industrial hasta la actualidad.

### **La revolución industrial**

"La primera fase de la revolución industrial surge en Inglaterra en el periodo comprendido entre 1750 y 1820, con influencia en todo el continente europeo y con repercusiones mundiales.

Fue la primera de las grandes transformaciones de la Edad Contemporánea y una de las más importantes de la historia. Su impacto generó cambios fundamentales en la economía y en los modos de vida de la humanidad.

Inglaterra en aquel entonces, era un país que estaba bien preparado para generar un impulso industrial sin precedentes, ya que poseía una agricultura próspera, un sector manufacturero desarrollado, un importante comercio de ultramar, que le proporcionaba consumidores, materias primas y capitales y un gobierno que apoyó la innovación técnica y el desarrollo de las industrias.

La revolución industrial termina con el sistema económico de la Edad Moderna, dinámico en sus orígenes, pero que había adquirido mayor rigidez en los últimos siglos. La economía preindustrial contaba con el predominio de una agricultura deficiente, era la principal actividad económica, pero su rendimiento era muy pobre, las técnicas eran deficientes, elementos precarios, escasos abonos para alimentar a la tierra, sistema de campo abierto, que perjudicaba la producción; con una tecnología precaria, las formas de producción eran el pequeño taller artesanal, el sistema doméstico o rural a domicilio y la gran manufactura urbana. Los medios de transporte eran poco efectivos; y había un estancamiento demográfico donde la población crecía a un ritmo muy lento. Las tasas de mortalidad eran elevadas por la incidencia de las pestes, la hambruna y la inexistencia de buenas condiciones médicas y sanitarias. Los alimentos eran insuficientes y el sistema de transporte para su rápida distribución era deficitario.

En su base de economía fundamentalmente artesanal, el comerciante entregaba la lana a una familia y ésta la hilaba, la tejía y devolvía a su patrón el producto terminado a cambio de una suma de dinero. El trabajo manual fue remplazado por otro dominado por la industria y manufactura de maquinaria.

Los principales rasgos de la Revolución Industrial habría que clasificarlos en tecnológicos, socioeconómicos y culturales. Los cambios tecnológicos incluyen los siguientes: el uso de nuevos materiales como son el hierro y el acero; de nuevas fuentes de energía como el carbón y nuevas fuerzas motrices como la máquina de vapor. Se inventaron nuevas máquinas para hilar o para tejer (el telar mecánico) que permitieron un enorme incremento de la producción con un mínimo gasto de energía humana. Surgió una nueva forma de organización del trabajo que comporta la división del trabajo y una mayor especialización de la mano de obra. También deben destacarse las importantes mejoras de los transportes (trenes y barcos de vapor) y la creciente interacción entre la ciencia y la industria. Estos cambios tecnológicos supondrían un vertiginoso incremento del uso de recursos naturales y de la producción en masa de bienes manufacturados. Fuera del campo industrial se produjeron también importantes cambios: mejoras en la agricultura que hicieron posible el suministro de alimentos para una creciente población urbana, declive de la tierra como principal fuente de riqueza con el creciente papel que fueron tomando la industria y el comercio internacional. Entre los cambios sociales y culturales son destacables el crecimiento de la población urbana, el desarrollo de la llamada clase obrera y sus movimientos de protesta (el movimiento obrero), y el espectacular crecimiento de los conocimientos científicos y técnicos".<sup>7</sup>

En la actualidad la revolución industrial continúa creciendo de manera exponencial, tanto es así que día a día los diferentes sectores de la industria siguen desarrollando y mejorando sus actividades, procesos y funciones mediante el uso de nuevas tecnologías e innovaciones que van surgiendo para atacar las necesidades y problemáticas de las mismas, dando mayor comodidad, seguridad, rapidez (ahorro de tiempo), e incluso para cuidar al medio ambiente, ya que actualmente esto juega un papel muy importante, esto se puede ver en la fabricación de un vehículo, en la actualidad ya no solo se necesita que sea cómodo, lujoso o rápido, sino que aparte la industria automotriz tiene el reto de fabricar los vehículos de manera sustentable, es decir ser amigables con el medio ambiente, ya que por los problemas ambientales que se están viviendo en la actualidad la industria tiene que seguir evolucionando, y estoy seguro que en el futuro se presentarán nuevos problemas en los cuales la industria tendrá que volver a transformarse para poder dar soluciones a esos problemas.

Es importante mencionar que la Revolución Industrial tiene 3 periodos que marcaron su historia y fueron claves para que se llevara a cabo tal y como la conocemos en la actualidad:

**"Primera revolución industrial:** La podemos ubicar a partir de 1786 cuando el ingeniero británico James Watt aplicó su máquina de vapor a la industria y al transporte en Inglaterra. Paralelamente, con el invento del telar mecánico se desarrolló la industria textil. La materia prima fundamental fue el hierro y la fuente de energía el carbón, muy utilizado en los ferrocarriles y en los barcos de vapor. Otros inventos que se realizaron en esta época fueron la calefacción a gas, el acueducto moderno, el alcantarillado y la máquina de coser.

**Segunda revolución industrial:** Se inició a mediados del siglo XIX y se caracterizó por avances tecnológicos tales como el desarrollo de la electricidad y su aplicación a la industria, al transporte y a la vida doméstica. Igualmente, el descubrimiento del motor de explosión dio lugar a una tecnología que concluyó con el invento del automóvil, lo cual, a su vez, dio lugar al desarrollo de la industria del petróleo. También se impulsó de manera importante el manejo del acero, que era una materia prima fundamental para la construcción y la fabricación de nuevas máquinas y herramientas. En la vida doméstica se incluyó el teléfono, el alumbrado eléctrico y una gran variedad de electrodomésticos. Estos elementos comenzaron a caracterizar los que hoy conocemos como sociedad de consumo.

**Tercera revolución industrial:** Podemos ubicar esta revolución a partir de 1920. Por esta época la aviación y la astronáutica recibieron un gran impulso, de igual manera se comenzó a trabajar en el empleo de la energía atómica, la electrónica y la cibernética. En el campo de la biología aparecieron los antibióticos. Se desarrollaron los medios de comunicación (radio, televisión, cine, informática), y los medios de transporte".<sup>8</sup>



Figura 1.2  
Revolución Industrial

El comienzo de la revolución industrial necesitó un detonador que impulsara y diera inicio a todas las tecnologías que han ido surgiendo a través del tiempo, este detonador fue sin duda la máquina de vapor aplicada en diversos puntos como el transporte y la industria, que permitieron llevar los productos a zonas lejanas de manera práctica, así como facilitar la elaboración de los productos que se comercializaban en ese entonces, invirtiendo y apostando las industrias por el trabajo de las maquinarias que el trabajo humano.

También este detonador necesitaba un lugar que cumpliera con todos los requerimientos básicos para una industrialización que permitiera producir bienes y servicios, este lugar tenía que contar con 3 recursos básicos: la demanda, mano de obra y materia prima. El encargado de dar la oferta para suplir la demanda fue Inglaterra ya que de este país surgió la máquina de vapor, todos estos componentes dieron inicio a la revolución industrial. Esto ocasionó que se generara una competencia por la industrialización en sus inicios con países como Alemania, Francia y por supuesto Inglaterra, gracias a esto siguieron más avances tecnológicos como la electricidad y el motor. Esta competencia logró generar una sociedad industrializada, generando más competencia con otros países y a su vez generando nuevas tecnologías siempre buscando la mejora continua para satisfacer diferentes problemáticas que han ido surgiendo con el pasar de los años, hasta llegar a los grandes avances tecnológicos que conocemos hoy en día, como las telecomunicaciones, la industria moderna de manera automatizada, la industria aeroespacial y muchas más.

Derivado de la revolución industrial surgen los 3 sectores de la industria:

- **Sector primario o agropecuario:** Sus actividades corresponden a obtener el producto directamente de los recursos naturales transformándolo en materias primas, como son: agricultura y recolección, minería, caza y pesca.
- **Sector secundario o industrial:** Son aquellas actividades económicas que transforman las materias primas en bienes o mercancías para la fabricación de productos que permiten satisfacer las necesidades del mercado. Algunos ejemplos son: Industria metalmecánica, sector automotriz, producción textil, industria química, fabricación aeroespacial, sector energético, construcción, entre otros.
- **Sector terciario o de servicios:** Son todas las actividades que no producen una mercancía como tal, sino que se encargan de abastecer al mercado de bienes y servicios, tales como: transporte, ventas, logística, entretenimiento, medios de comunicación, turismo, banca, salud, entre otros.

Ante las necesidades que se presentan en los 3 sectores de la industria los ingenieros se ven en la tarea de dar solución a las problemáticas que se presentan en la realización de ciertas actividades, es por ello que este proyecto surgió a base de una problemática para la industria automotriz en específico, eligiendo este sector ya que es uno de los más innovadores en la actualidad, dado que año con año se generan nuevos modelos de todo tipo de vehículos ya sea ligeros o pesados, actualizándose y generando nueva tecnología en base a las necesidades de los clientes, el ambiente, leyes o normativas, entre otros. Un ejemplo claro de esto en la actualidad es la implementación la norma NOM-044-SEMARNAT-2017 (véase Anexo 4) por el gobierno mexicano mediante la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)<sup>9</sup>, en la que su propósito es limitar las emisiones de gases contaminantes que se emiten en carretera de motores específicamente de vehículos pesados nuevos y utilizan diésel como combustible, condicionando a todas las industrias automotrices de vehículos pesados en México que a partir del 1 de enero de 2021 cumplan con los mejores estándares en sus filtros de partículas de diésel (DPF, por sus siglas en inglés). Esto debido a que los problemas ambientales que hay actualmente están forzando a la industria a renovarse para poder atacar esta problemática.

## **La industria automotriz**

La industria automotriz está conformada por todas aquellas industrias que diseñan, manufacturan y venden automóviles y es una de las más grandes en el mundo en todo el sector industrial. A nivel global México ocupa el sexto lugar de la producción de vehículos con una producción de 3,986,794 unidades, quedando por debajo de países de primer mundo como: China, Estados Unidos, Japón, Alemania e India según el último reporte de 2019 de la Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Motorizados (OICA, por sus siglas en inglés)<sup>10</sup>.

Para tener un panorama claro de la historia y actualidad de la industria automotriz en México se puede ver en seis fases a lo largo del tiempo.

**"Primera fase:** Nacimiento de la industria e inicio de operaciones (1925–1960).

**Segunda fase:** Crecimiento basado en la sustitución de importaciones (1962–1976).

**Tercera fase:** Enfoque orientado hacia la competitividad internacional a través de la protección comercial y promoción de las exportaciones (1977–1989).

**Cuarta fase:** El principio de la liberalización comercial (1990–1993).

**Quinta fase:** El tratado de libre comercio y la liberalización paulatina de la industria automotriz.

**Sexta fase:** Enfoque moderno hacia el fortalecimiento de la competitividad y desarrollo del mercado interno."<sup>11</sup> (Véase anexo 4)

Todos estos cambios que ha ido sufriendo la industria automotriz en el país han sido claves para que México esté situado en las primeras posiciones a nivel mundial actualmente, algunas de las razones que hicieron que los grandes fabricantes automotrices invirtieran y trasladaran sus industrias de fabricación a México fueron: mano de obra barata, ya que se daban salarios bajos, bajos costos de transporte y el gran aporte que dio el gobierno mexicano en su momento, ya que se involucró demasiado en el sector industrial emitiendo decretos y

políticas para mejorar el funcionamiento de la industria automotriz y así el país pudiera tener mayor fuente de empleo y ganancias económicas de ventas de todo lo generado.

Con el paso del tiempo el gobierno continuó buscando la forma de transformar a México en un país exportador altamente competitivo dentro de la globalización de la industria, y continúa estimulando la llegada de inversiones para la construcción de industrias automotrices en territorio mexicano.

Como fue el caso reciente de BMW en San Luis Potosí, KIA en Nuevo León, Toyota en Guanajuato, COMPAS (Cooperation Manufacturing Plant Aguascalientes, por sus siglas en inglés), que es una asociación entre las empresas Daimler y Nissan para la producción de las marcas de lujo Infiniti de Nissan y Mercedes Benz de Daimler, y MAN Truck & Bus del grupo Volkswagen en Querétaro.

Actualmente se encuentran instaladas en territorio nacional compañías ensambladoras de vehículos ligeros y pesados, como se ve en la distribución geográfica de las Figuras 1.3 y 1.4.<sup>12 13</sup>

El mapa de la Figura 1.3 muestra que existen 23 industrias automotrices de vehículos ligeros, distribuidos en 12 estados hasta el año 2020.



Figura 1.3  
Industrias de vehículos ligeros en México  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los vehículos pesados, el mapa de la Figura 1.4 muestra que existen 12 plantas armadoras distribuidas en 8 estados hasta el año 2020.



Figura 1.4  
Industrias de vehículos pesados en México  
Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 Determinación de los requerimientos y expectativas del cliente

En base a la metodología QFD en el componente 1 de la página 11, se puede concluir que es la voz del cliente, gracias a esto se puede saber lo que el cliente desea, así como tener un mejor panorama de los requerimientos y expectativas del cliente en el producto final y de esta manera enfocarse de forma específica a cada requerimiento solicitado, que será la base para el desarrollo de este proyecto, tomando como estándar dichos requerimientos para cumplirlos y de ser posible sobrepasarlos para superar las expectativas del cliente en este proyecto.

Para conocer los requerimientos del cliente se realizó un levantamiento en planta directamente con el cliente, esto para atacar el primer componente de la metodología QFD de la Figura 1.1, los requerimientos obtenidos fueron:

- **Materiales:** El cliente solicitó usar materiales que no dañaran físicamente a los escapes, tubería de presión, válvulas dosificadoras y sensores, en el proceso de ensamble cuando los actuadores neumáticos sujeten a los componentes mencionados, evitando por completo rayones o golpes, por lo que se le sugirió usar Nylamid en todas las piezas y soportes que se fabricarían y que estuvieran en contacto directo con los componentes del ensamble, ya que al ser el Nylamid un derivado del nylon es un tipo de plástico (polímero) que por sus tratamientos y compuestos alcanzan diferentes tipos de propiedades mecánicas, según el uso que se necesite. Para este caso se sugirió el Nylamid negro, ya que por su lubricación tiene alta resistencia al desgaste y es amigable con el contacto directo con otros materiales. De igual manera se le sugirió que las piezas y soportes que no estuviesen en contacto directo con los componentes, se usara aluminio en ellas, ya que este metal al ser muy ligero ayudará a no hacer tan pesadas las mesas, e igualmente las piezas de aluminio al no tener tanto desgaste tendrán una mayor vida útil.

- **Medidas:** El cliente condicionó las dimensiones generales, **ancho** = no mayor a un metro, **largo** = no mayor a un metro y medio, y **alto** = un metro exacto del suelo a la superficie de la mesa. Estas dimensiones son indispensables ya que el cliente cuenta con un lugar asignado en su línea de producción con estas dimensiones, por lo que de sobrepasarlas no se podrían colocar.
- **Seguridad:** Este punto es prioridad para el cliente, ya que la seguridad de sus operadores en el proceso de ensamble es primero. Al ser todo el proceso de ensamble de manera automatizada, los actuadores neumáticos podrían sujetar una extremidad del operador como: brazos, manos o dedos, por lo que se sugirió un botón de seguridad en la botonera que condicionará al operador a retirar sus manos fuera del área de trabajo cuando los componentes neumáticos actuaran. Si este botón no es presionado el proceso de sujeción de los actuadores neumáticos no funcionaría.
- **Posicionamiento:** El principal objetivo que el cliente requería, el cual es el propósito de la fabricación de las mesas, es garantizar la posición y ángulo de los dibujos CAD proporcionados por el cliente del ensamble de la tubería de presión con sus respectivos sensores de temperatura y los escapes con sus respectivos sensores y válvulas dosificadoras. Para esto se debe tener un buen diseño, ya que esto garantizará que las mesas condicionen al operador a colocar los sensores y válvulas dosificadoras siempre en la misma posición.
- **Color de las mesas:** El cliente solicitó pintura epóxica que es un recubrimiento de dos componentes que al mezclarse cataliza tomando diferentes propiedades según las cantidades de cada componente. Este material provee alta resistencia química a sustancias corrosivas como el agua y ácidos, produce recubrimientos duros de acabado brillante, el código que define el color mediante un conjunto de dígitos (RAL) fue 7035 light grey, esto para tener uniforme el color en base a sus estándares. (Véase anexo 2)
- **Sujeción neumática:** Bloqueo de componentes (escapes y tubería de presión) mediante un sistema de sujeción (clamps), así como la sujeción de los sensores y válvulas dosificadoras de acuerdo con la posición del Diseño Asistido por Computadora (CAD) mediante actuadores neumáticos.

- **Llantas:** El cliente solicitó que las 2 mesas debían de tener sus respectivas llantas con freno, ya que para el cliente es más fácil transportarlas y reubicarlas si se necesitara y el freno permite garantizar que no se moverán durante su uso.

Con base a todos estos requerimientos, se procedió a atacar los componentes 3 (planeación) y 5 (jerarquización) de la metodología QFD de la Figura 1.1 para poder priorizar los requerimientos del cliente y en base a esto establecer un método de trabajo y un diseño que cumpla y de ser posible sobrepase las expectativas del cliente. El listado de jerarquización en base a los requerimientos del cliente fue:

- 1- Seguridad
- 2- Posicionamiento
- 3- Medidas
- 4- Sujeción neumática
- 5- Material
- 6- Color de mesas
- 7- Llantas

La identificación de los requerimientos más importantes para el cliente facilitará y asegurará el cumplimiento de todos, de tal modo que la parte del diseño será indispensable para el cumplimiento de todos estos puntos.

## 1.4 Análisis comparativo con productos existentes

Con todos los requerimientos solicitados por el cliente, se realizó un pequeño análisis para ver si existen mesas de subensamble iguales a estas en la industria automotriz, se encontró que existen muchas compañías que brindan servicios de instalación de líneas de producción automatizadas, así como mesas de subensamble mecánicas y automatizadas, según las necesidades de los clientes.

Las estaciones de trabajo en la industria automotriz son elementos importantes dentro de una línea de producción y ensamble. En los últimos años las estaciones de trabajo se han convertido en uno de los espacios más indispensables y productivos de una planta.

Con los avances tecnológicos se han automatizado los procesos ayudando a los operadores a facilitar e incrementar su eficiencia, sin dejar de lado la seguridad, reduciendo pérdidas de tiempo y residuos de materiales. En la actualidad las mesas de subensamble en la industria tienen los siguientes propósitos:

- Optimizar los espacios.
- Una misma estructura o estación de trabajo permite ensamblar piezas con características diferentes.
- Usan tecnologías neumáticas, hidráulicas y mecánicas, programadas mediante PLC usando sensores y botoneras.
- Los ensambles son más rápidos y sencillos acelerando la producción a un bajo costo de producción.

En la industria automotriz ya existen mesas de subensamble, la mayoría de ellas son manuales mediante sujeción mecánica, igualmente hay mesas de subensamble automatizadas, pero solo para casos específicos. Esto nos ayuda a saber que estas 2 mesas que se diseñarán si están cumpliendo con los estándares que exige la industria automotriz, que son el facilitar las tareas en las líneas de producción ahorrando tiempo en el proceso de ensamble lo que para el cliente representa dinero.

En base a la metodología QFD el componente 4 de la Figura 1.1 permite realizar una relación entre los requerimientos del cliente y las características técnicas del producto, es decir, si los materiales y componentes de la mesa tanto mecánicos como electroneumáticos en base al análisis realizado van a satisfacer las necesidades del cliente. En este caso la combinación de sistemas poka-yoke en el diseño mecánico en conjunto con los actuadores neumáticos garantizarán el cumplimiento de los requerimientos del cliente y el análisis realizado confirma que este tipo de mesas si suplen los requerimientos solicitados por el cliente.

## 1.5 Establecimiento de las metas de diseño

En base a la metodología QFD en el componente 6 de la Figura 1.1 se realizarán las metas de diseño que se tienen contempladas para el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

### Las metas de diseño son:

- Realizar modelado 3D de las mesas y sus componentes en el software de diseño SolidWorks que cumplan con la sujeción de los componentes y garantice la correcta posición de sus respectivos sensores y válvulas dosificadoras para la aprobación del cliente.
- Realizar los estudios estáticos de cada pieza, para asegurar su buen funcionamiento y durabilidad en el proceso de ensamble, tomando en cuenta el peso de las piezas (tubería de presión = 15 kg, escape corto = 9 kg, escape largo = 12 kg).
- Se realizarán los planos 2D, con las especificaciones técnicas, medidas, material y tolerancias que el área de manufactura necesita para la correcta fabricación de las piezas en base al diseño realizado y aprobado por el cliente.
- Se realizarán los planos de ensamblaje necesarios para el correcto ensamble de las mesas, como el armado de estructura de mesas mediante la soldadura y especificaciones de la pintura solicitada por el cliente, así como la ubicación de cada soporte (Layout), la tornillería usada para la sujeción de cada pieza y el ensamble final de todas las piezas de la mesa.

Con el cumplimiento de todos los puntos del QFD, podemos asegurar un producto que cumplirá con las especificaciones del cliente, como se vio en este capítulo, se tomaron en cuenta los 6 componentes del QFD para poder realizar un diseño y planeación que cumplan con la satisfacción del cliente.

# CAPITULO 2

## DISEÑO DETALLADO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MESAS

### 2.1 Metodología, Diseño y Modelado en SolidWorks

#### 2.1.1 Conceptualización.

Para poder traer la idea de la mente a una forma física (conceptualización) es difícil de realizar ya que surgen detalles y preguntas que no son fáciles de visualizar o representar, para esto se realizó un bosquejo de la idea para poder visualizarla en 2D y posteriormente realizar el dibujo en un programa de CAD y poder visualizarlo en 3D para después poder realizarlo de manera física. En el Anexo 3 se muestran los bosquejos de las mesas.

#### 2.1.2 Primer diseño en SolidWorks.

Es la primera propuesta que se le dio al usuario, en el Anexo 3 se muestra la mesa de escapes con soportes muy toscos y grandes, así como unos simples topes de posición al igual que con la mesa tubería de presión. El usuario solicitó una nueva propuesta ya que esta solo cumplía mecánicamente con las restricciones, pero no garantizaba el buen montaje de las válvulas dosificadoras ni de los sensores de temperatura.

El rediseñar no es nada sencillo ya que se necesita realizar una nueva idea que cumpla con los mismos objetivos planteados al inicio, se tienen que colocar los actuadores neumáticos y los poka-yokes, para que el usuario pueda validar el diseño.

Este diseño es muy útil ya que permite aterrizar la idea y de ahí mejorarla.

#### 2.1.3 Segundo diseño en SolidWorks.

En esta propuesta el usuario pudo ver conceptualizada la idea de los poka-yokes y de los actuadores neumáticos ya que en el primer diseño solo estaban los soportes que restringían su movimiento, los actuadores neumáticos solo son representativos en este segundo diseño ya que aún no se tiene un modelo de pistones y grippers (actuador neumático que abre y cierra en forma de pinza), para poder tener un modelo se necesita saber las carreras de los actuadores así como los diámetros de sus émbolos, para esto en el diseño se tomaron medidas

y animaciones de los dispositivos de sujeción que estarían colocados en los actuadores para ver la distancia adecuada que debían de recorrer y no interferir con otros componentes y al mismo tiempo dejar espacio para que la pieza al ser ensamblada pudiese entrar y salir sin problema.

El usuario solicitó mejoras y cambio en los diseños, así como simulaciones que garantizaran que no habría interferencias con otros componentes, y a su vez la propuesta de los actuadores neumáticos finales. (Ver Anexo 3).

#### **2.1.4 Tercer diseño en SolidWorks.**

Esta es la fase final de diseño en el cual se tienen los actuadores neumáticos adecuados para este proyecto, poka-yokes que garantizan el correcto ensamblaje de los componentes y soportes que restringen el movimiento de las piezas mientras son ensambladas, cumpliendo así con los requisitos solicitados por el cliente, como se ve en el Anexo 3 se mejoraron las garras de sujeción de los actuadores al colocarles pernos guías, esto garantiza que no se desplazara el dispositivo de sujeción evitando un choque con los componentes.

#### **2.1.5 Especificaciones de diseño.**

Hay varios puntos de diseño importantes que dieron un valor agregado y ayudaron a superar las expectativas del cliente y el buen funcionamiento de las mesas como son: (Ver Anexo 3, para ver las imágenes de cada punto).

- **Poka-yokes (escapes y tubería de presión):** Para esto se colocaron soportes de Nylamid con la forma de la superficie de cada componente que obligaba al operador a colocar los escapes y tubería de presión únicamente en la posición adecuada al realizar el ensamblaje, también las garras de sujeción tienen la forma de la superficie que sujetan o sostienen para restringir el movimiento en todos los ejes.
- **Poka-yokes (Válvulas dosificadoras y sensores):** Los poka-yokes son la parte más importante del diseño, ya que estos son prácticamente el objetivo de estas mesas de subensamble, los cuales consisten en dar la correcta posición a los sensores y válvulas dosificadoras al ser ensamblados en los escapes y tubería de presión.

- **Ranuras:** Debido a que los diseño fueron basados en los 3D, físicamente las piezas tienen variaciones de dimensión y esto puede provocar que no ensamblen adecuadamente, para que esto no sucediera se realizaron ranuras (oblongos) en las placas de las mesas, así como en los soportes tanto de Nylamid como de aluminio para poder desplazar las piezas y ajustarlas en (X y Y), de igualmente a las piezas que dan la altura a los pistones para poder ajustarlos en (Z), de esta manera se garantizó el correcto ensamble sin importar que las piezas del cliente como los soportes manufacturados tuvieran variaciones, estas ranuras miden 15mm de largo y su diámetro es proporcional al de los tornillos (M8 y M10) usados en cada pieza, lo que es una tolerancia muy grande permitiendo siempre tener un ajuste suficiente para montar las piezas.

- **Pernos guías:** Debido a que los émbolos de los pistones pueden moverse de posición con la fuerza aplicada o el tiempo, se colocaron pernos guías conectados con las garras de sujeción de Nylamid que tocan directamente a la tubería de presión y los escapes, para asegurar que el desplazamiento del émbolo siempre sería de manera vertical y sin girarse provocando que la garra de sujeción se moviera y golpeará a la pieza que sujeta, así como bujes dentro de las garras de sujeción para que el desgaste fuera metal-metal, colocando 2 metales diferentes acero 4140 para los pernos guía y bronce en los bujes para que el desgaste fuera más lento en una pieza que en otra y no desgastar al mismo tiempo las 2 piezas.

- **Bujes de sujeción:** Para fijar los soportes de Nylamid a la placa de la mesa se usaron tornillos M10, pero para evitar desgaste o rupturas en el Nylamid por el contacto directo con los tornillos, se colocaron bujes de bronce con la misma cuerda del tornillo, evitando así el desgaste al atornillar o desatornillar, ya que el buje de bronce queda fijo al Nylamid por medio de la cuerda externa que tiene el buje, y al introducirlo en el soporte de Nylamid este lo desgarró quedando fijo y teniendo mucha área de contacto garantizando una buena sujeción.

- **Planos 2D:** Para garantizar que lo realizado en 3D se manufacturara adecuadamente se realizaron planos 2D, con las tolerancias, unidades, materiales, vistas de detalle, vistas de sección, indicaciones y notas necesarias para garantizar el correcto maquinado y ensamble de las piezas. (Ver Anexo 3, para visualizar cada plano)

1. Nylamid,
2. Aluminio
3. Bujes de bronce
4. Pernos guía.
5. Plano 2D de las placas de la mesa, debido a que estas tienen ranuras y son las posiciones de cada soporte, si no se tiene este plano no se conocería cada coordenada de la ubicación de cada soporte.
6. Plano 2D de la estructura de la mesa con sus dimensiones.
7. Plano 2D de ensamble de llantas-patas de las mesas.
8. Plano 2D de la distribución de las piezas (Layout)
9. Plano 2D del ensamble mesa-estructura.

## 2.2 Funcionamiento y características

- **MESA ESCAPES**

### Mecánico:

El sistema de la mesa está diseñado para contener dos escapes de manera independiente cada uno, sujetándolos mediante actuadores neumáticos, el trabajo a realizar es el ensamble entre el escape 1 y su válvula dosificadora así mismo el escape 2 con sus sensores de temperatura y su válvula dosificadora con la correcta posición y ángulo del CAD (ver Figura 2.1).

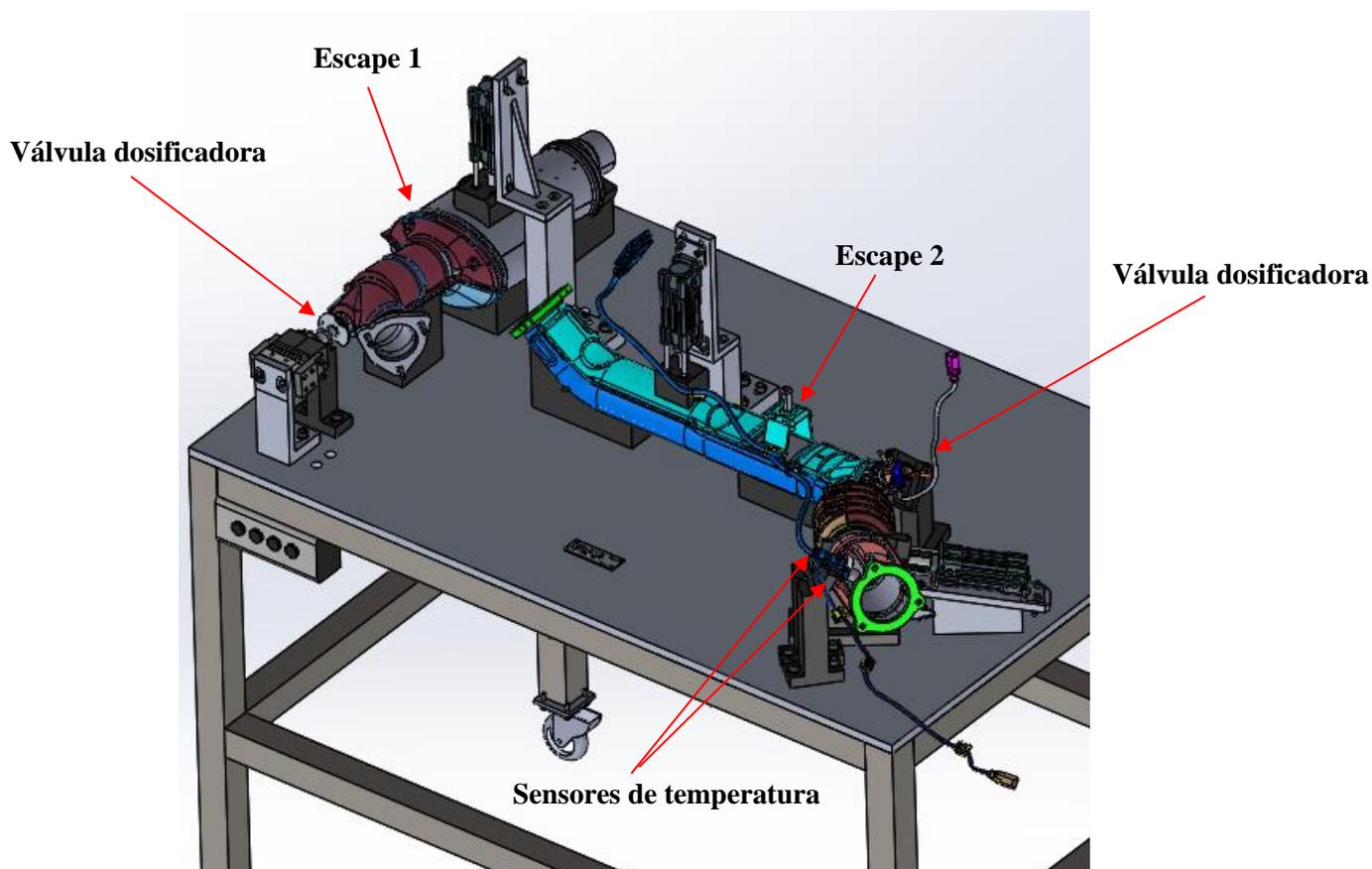


Figura 2.1  
Sujeción neumática mesa escapes  
Fuente: Elaboración propia

**Escape 1.** Se fija mediante el posicionamiento del escape en los soportes de Nylamid que restringen su movimiento en los ejes “XY” y el pistón lineal restringe su movimiento en el eje Z (ver Figura 2.2).

El poka-yoke da la posición correcta a la válvula dosificadora (ver anexo 1, funcionamiento poka-yoke) y el actuador neumático llamado gripper (dispositivo que tiene la capacidad de retener y liberar un objeto mediante unos “dedos” en forma de pinza al ser accionado por aire) restringe su movimiento hasta que el operador aplique el torque adecuado.

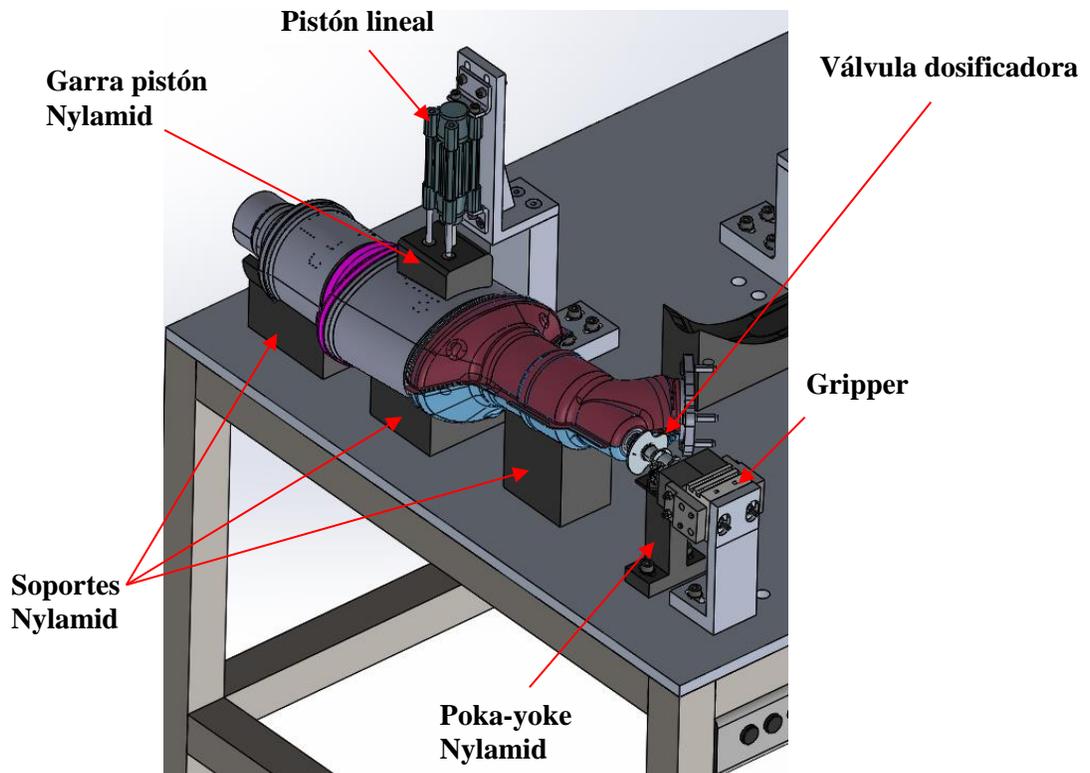


Figura 2.2  
Sujeción escape 1  
Fuente: Elaboración propia

**Escape 2.** Se posiciona en los soportes de Nylamid que restringen su movimiento en el eje X y 2 pistones lineales restringen su movimiento en los ejes “YZ” (ver Figura 2.3). Restringe el movimiento de la válvula dosificadora y los 2 sensores al colocarlos en los soportes poka-yokes que dan la posición correcta y evitan su movimiento cuando el operador aplica el torque correspondiente.

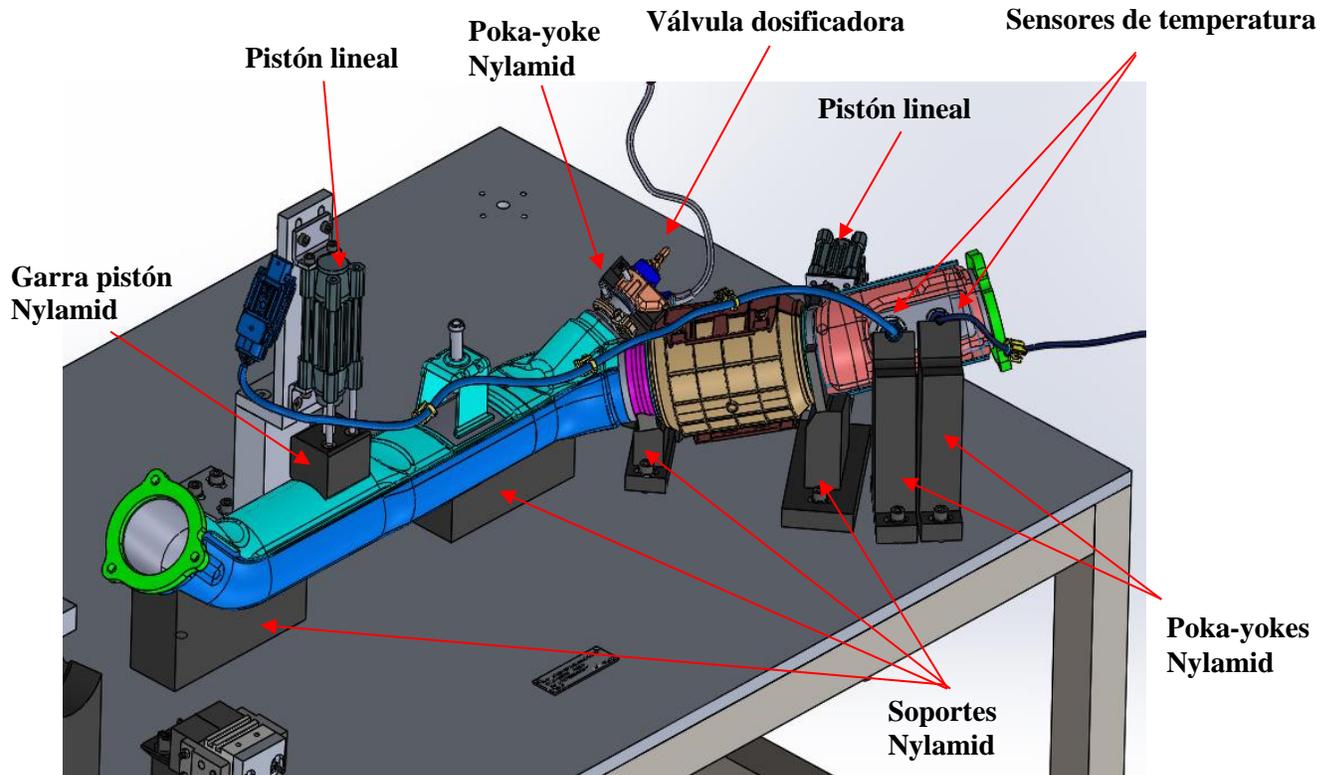
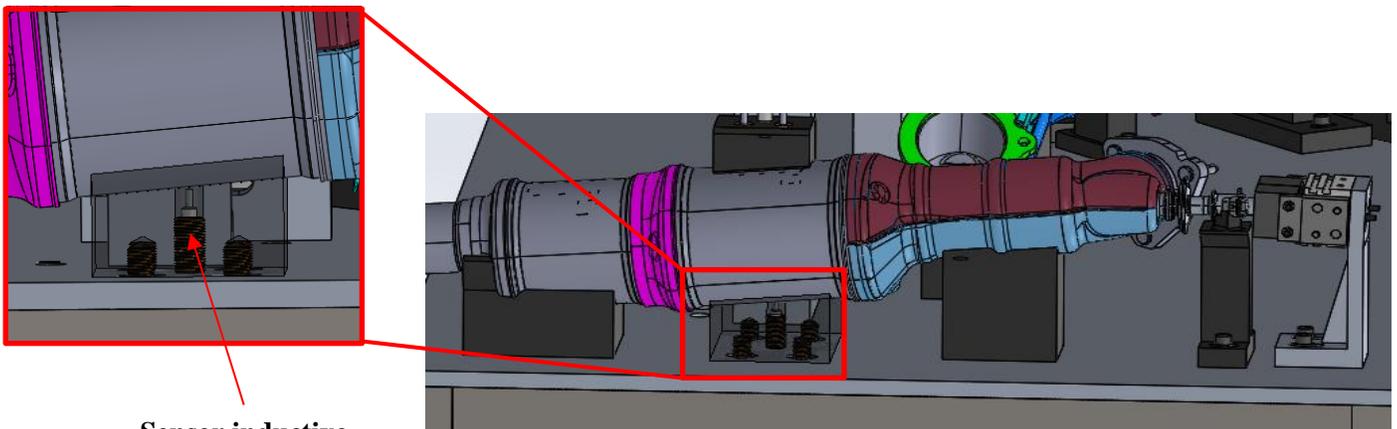


Figura 2.3  
Sujeción escape 2  
Fuente: Elaboración propia

### Características:

La mesa cuenta con 2 sensores inductivos, uno por cada escape, para detectar que la pieza ha sido colocada en los soportes que realizaran la sujeción de los escapes (ver Figuras 2.4 y 2.5).

Cuenta con una botonera (ver Figura 2.6) que ejecuta el funcionamiento del sistema, la funcionalidad de estos se encuentra en la Tabla 2.1.



Sensor inductivo

Figura 2.4  
Sensor inductivo escape 1  
Fuente: Elaboración propia

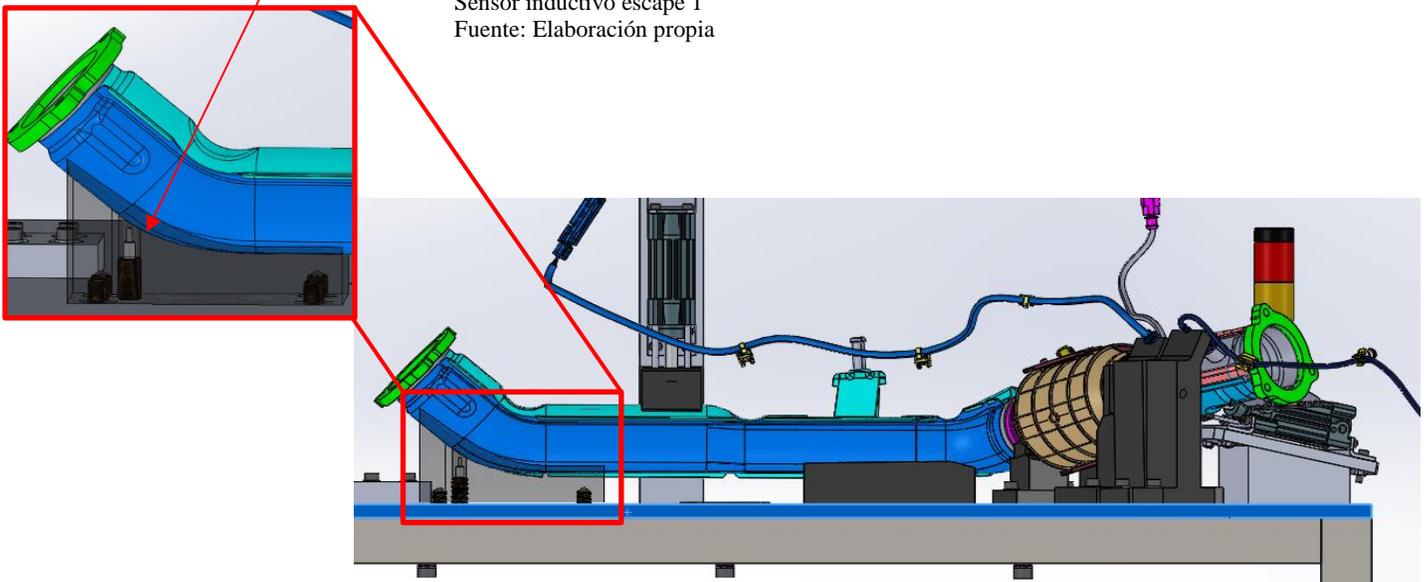


Figura 2.5  
Sensor inductivo escape 2  
Fuente: Elaboración propia



Figura 2.6  
Botonera mesa escapes  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.1  
Funcionamiento del sistema mesa escapes  
Fuente: Elaboración propia.

	<p><b>PARO:</b> El paro de emergencia al ser activado dejara la posición de los actuadores en su estado actual y no permite el funcionamiento el botón de inicio y reset, para desactivar el paro de emergencia girar para el lado que indican las flechas.</p>
	<p><b>RESET:</b> El botón de reset coloca los actuadores a su estado inicial (retraídos). Este botón deberá ser activado en caso de tener algún problema de acomodo con la pieza o para cancelar la operación de alguna pieza que ya este colocada.</p>
	<p><b>SELECCIONADORA:</b> El botón de selección activa los actuadores neumáticos, ya sea del escape 1 o del escape 2, según el montaje que se vaya a realizar en la mesa.</p>
	<p><b>INICIO:</b> El botón de inicio debe ser pulsado después de que el sensor inductivo haya sido activado, siendo así, el operador deberá de verificar que la pieza está colocada correctamente y después presionar el botón para que los actuadores aseguren la pieza, al a ver terminado el proceso de apriete el botón deberá ser pensionado nuevamente para liberar la pieza.</p>
	<p><b>LÁMPARA VERDE:</b> La lámpara verde Indica que la mesa está encendida o en funcionamiento.</p>
	<p><b>LÁMPARA ROJO:</b> La lámpara roja Indica que la mesa está en paro de emergencia.</p>

- **MESA TUBERÍA DE PRESIÓN**

**Mecánico:**

El sistema de la mesa tiene la capacidad de contener la tubería de presión fijándola de manera neumática mediante un pistón lineal que detiene su movimiento en el eje X y un pistón giratorio que restringe su movimiento en el eje Z, (ver Figura 2.7).

Esto colocando la tubería de presión en los soportes de Nylamid que restringen su movimiento en el eje Y.

Mantiene los sensores en su posición correcta hasta que el operador termine de instalarlos y dar el torque adecuado, mediante actuadores neumáticos llamados grippers (ver Figura 2.8). Una vez terminado el proceso y si los torques de los sensores fueron correctos, el sistema liberará la pieza.

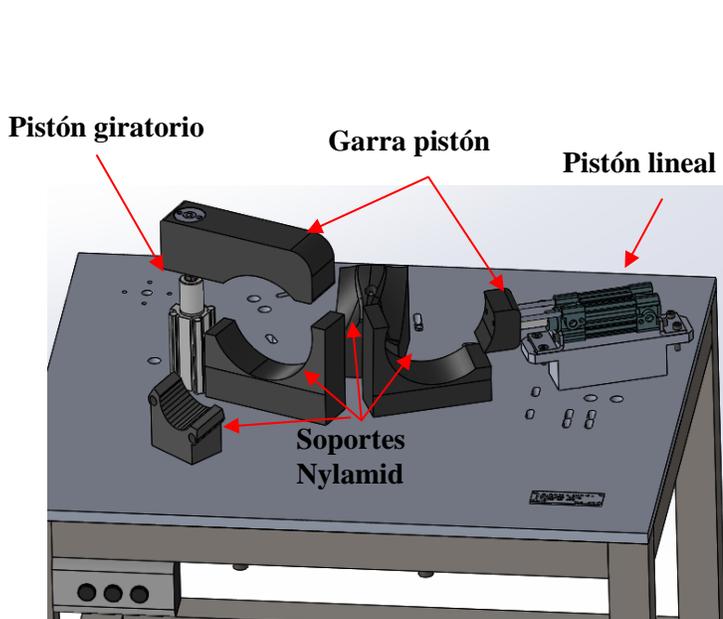


Figura 2.7  
Soportes Nylamid y actuadores neumáticos  
Fuente: Elaboración propia

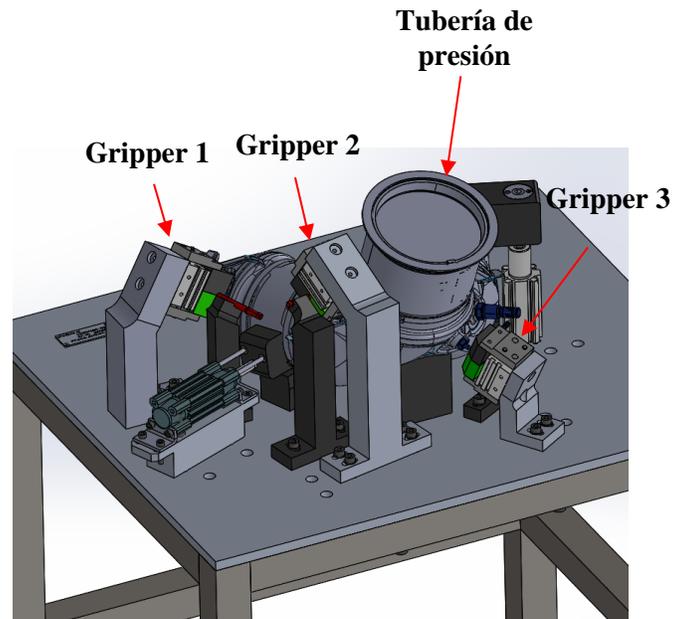


Figura 2.8  
Actuadores neumáticos grippers  
Fuente: Elaboración propia

### Características:

La mesa cuenta con un sensor inductivo (ver Figura 2.9) para detectar que la pieza a sido colocada en los soportes que realizaran la sujeción de ella.

Cuenta con una botonera (ver Figura 2.10) que ejecuta el funcionamiento del sistema, la funcionalidad de estos se encuentra en la Tabla 2.2.

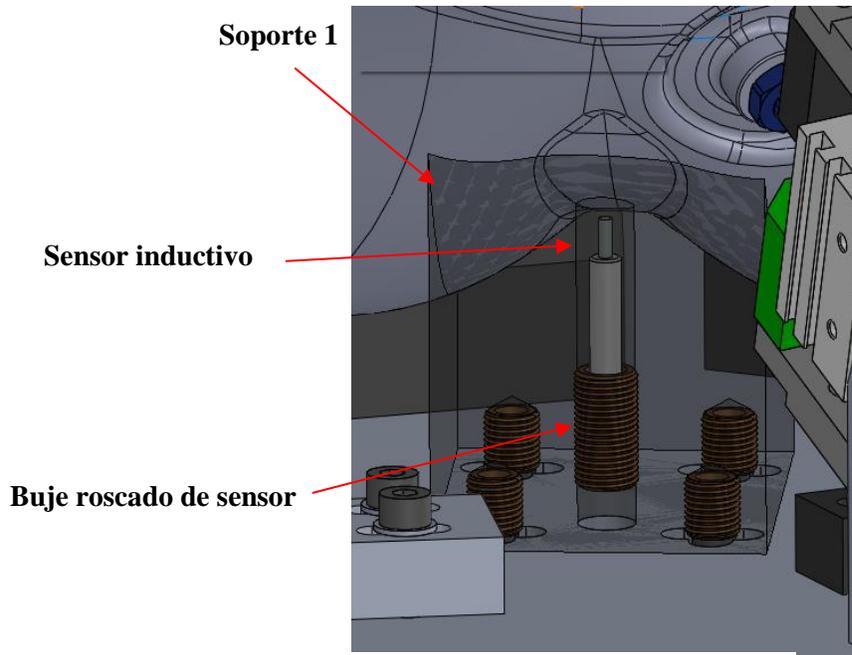


Figura 2.9  
Sensor inductivo tubería de presión  
Fuente: Elaboración propia

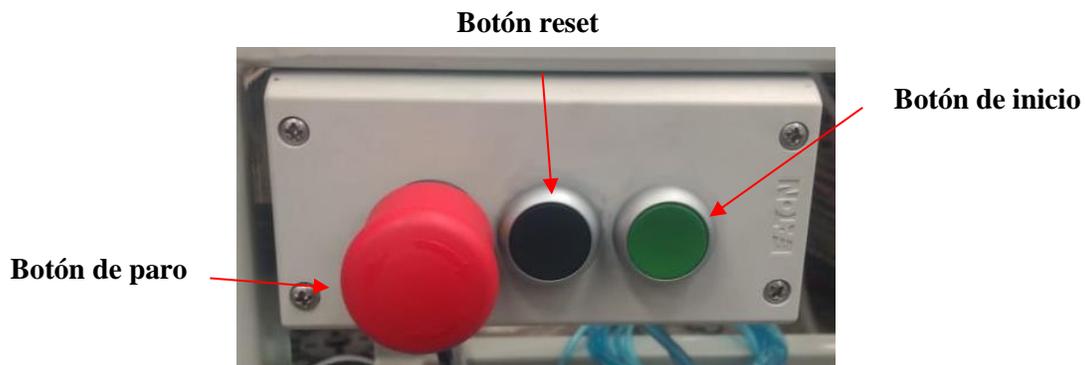


Figura 2.10  
Botonera mesa tubería de presión  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2  
 Funcionamiento del sistema mesa tubería de presión  
 Fuente: Elaboración propia.

	<p><b>PARO:</b> El paro de emergencia al ser activado dejara la posición de los actuadores en su estado actual y no permite el funcionamiento el botón de inicio y reset, para desactivar el paro de emergencia gire para el lado que indican las flechas.</p>
	<p><b>RESET:</b> El botón de reset ponen a los actuadores a su estado inicial (retraídos). Este botón deberá ser activado en caso de tener algún problema de acomodo con la pieza o para cancelar la operación de alguna pieza que ya este colocada.</p>
	<p><b>INICIO:</b> El botón de inicio debe ser pulsado después de que el sensor inductivo haya sido activado, siendo así, el operador deberá de verificar que la pieza está colocada correctamente y después presionar el botón para que los actuadores aseguren la pieza, al a ver terminado el proceso de apriete el botón deberá ser pensionado nuevamente para liberar la pieza.</p>
	<p><b>LÁMPARA VERDE:</b> La lámpara verde Indica que la mesa está encendida o en funcionamiento.</p>
	<p><b>LÁMPARA ROJO:</b> La lámpara roja Indica que la mesa está en paro de emergencia.</p>

# CAPITULO 3

## ANÁLISIS Y FABRICACIÓN

### 3.1 Generalidades del programa de diseño SolidWorks

#### 3.1.1 Definición

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora que permite crear, simular, analizar y modificar modelos 3D. Consiste generalmente en hacer bocetos de perfiles en 2D (croquis) y a través de ellos producir formas sólidas en 3D.

Sus principales paqueterías son:

#### a) SolidWorks CAD 3D

Es la base de todas sus paqueterías ya que de aquí parten todos los diseños creados a partir de la realización de croquis en 2D acotados con dimensiones reales que, con la ayuda de una gran variedad de herramientas como extrusión, revolución, corte, barrido, etc., ayudarán a pasar de un diseño 2D a 3D y que posteriormente serán analizados o modificados en sus demás paqueterías.

#### b) SolidWorks Draftsight 2D (vista de dibujo)

Es un espacio dentro de SolidWorks que permite acotar las dimensiones de los diseños realizados a través de los perfiles de las piezas sólidas colocando tolerancias, especificaciones técnicas, notas, materiales, escalas, vistas de secciones, interiores de la pieza, entre otros.

#### c) SolidWorks Simulation (análisis estáticos)

Tiene funciones de simulación complejas que ayudan a probar el funcionamiento y rendimiento de los diseños realizados en circunstancias reales antes de realizarlos de manera física, dando resultados muy cercanos a la realidad, esto permite ahorrar tiempo y dinero en las pruebas con los productos fabricados inicialmente en físico, ya que en SolidWorks se pueden modificar los diseños las veces necesarias para lograr el objetivo propuesto al inicio de un proyecto.

### **3.1.2 Aplicaciones**

La aplicación de este software no tiene una limitante como tal, ya que en la actualidad cuenta con paqueterías de simulaciones eléctricas, electrónicas, estáticas, de fluidos, entre otros, que funcionan para cualquier rama, por lo que es uno de los más usados, algunas de sus aplicaciones más usadas son:

- **Industria automotriz**

Grandes compañías utilizan esta herramienta en los diseños de sus vehículos, también en el ensamble de todos los componentes del vehículo, los análisis estáticos y de fluidos de todas las partes a través de pruebas aerodinámicas y de esfuerzos para tener la certeza de su buen funcionamiento.

- **Industria Aeroespacial**

Las pruebas son un proceso costoso para cualquier industria y aún más para las que existen en la industria aeroespacial, SolidWorks proporciona herramientas a los ingenieros que permite un estudio fácil y confiable para proyectos específicos de esta industria.

- **La industria de la moda y deporte**

Distintas marcas de calzado y diseñadores de todo tipo utilizan SolidWorks en el diseño y fabricación de sus productos como ropa y calzado. Los equipos de ejercicios para atletas realizan análisis de esfuerzo de materiales en pruebas simuladas que ahorran tiempo y dinero.

## 3.2 Análisis estructural y de materiales

Para entender los análisis realizados hay que conocer primeramente los conceptos que se enlistan en el siguiente subtema.

### 3.2.1 Conceptos básicos aplicados al análisis estructural

#### a) Esfuerzos

Los elementos de estructuras, máquinas o herramientas, están sometidos a la acción de fuerzas y momentos externos. Estas fuerzas y momentos externos generan en las secciones internas de los cuerpos, fuerzas y momentos internos que cuando sobrepasan a las fuerzas de atracción de las moléculas del material producen la separación o rotura de la pieza.

La magnitud y dirección de la fuerza y el momento interno dependen de la sección elegida, pero pueden descomponerse en una dirección normal y en otra tangencial a la sección. Estas componentes definen los diferentes tipos de carga, así la componente de la Fuerza Normal a la sección producirá cargas Normales de Tracción o Compresión, la componente de la Fuerza Tangencial a la sección producirá cargas de Corte o Tangenciales, la componente del Momento Normal a la sección producirá cargas de Torsión y la componente del Momento Tangencial a la sección producirá cargas de Flexión.

Se divide a cada sección transversal en un número finito “N” de áreas unitarias elementales, ya que al aplicar una fuerza P esta no se concentra en un solo punto, sino que se distribuye en toda el área de la sección dando como resultado una fuerza F sobre cada área unitaria. La fuerza que soporta cada unidad de área es el Esfuerzo.<sup>14</sup> (Véase ecuación [1]).

La diferencia entre la presión y el esfuerzo es que la presión es una fuerza aplicada en un punto y el esfuerzo es una fuerza distribuida en el área.

$$\text{Esfuerzo} = \text{Fuerza} / \text{Área} \quad [1]$$

Derivado de lo anterior se definen los siguientes tipos de esfuerzo.

### **Esfuerzo normal**

Las fuerzas que soporta cada unidad de área cuya dirección es perpendicular a la sección transversal se conocen como esfuerzos normales, como se ve en la Figura 3.1.

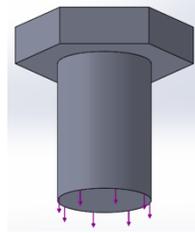


Figura 3.1  
Esfuerzos normales  
Fuente: Elaboración propia.

### **Esfuerzo cortante**

Las fuerzas que soporta cada unidad de área cuya dirección es tangencial (paralela) a la sección transversal se conocen como esfuerzos cortantes, como se ve en la Figura 3.2.

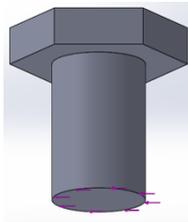


Figura 3.2  
Esfuerzos cortantes  
Fuente: Elaboración propia.

### **b) Deformación**

Es un cambio de tamaño o forma que sufre un cuerpo debido a los esfuerzos producidos por las fuerzas aplicadas sobre dicho cuerpo. Las deformaciones pueden variar en un cuerpo dependiendo del esfuerzo aplicado, si el esfuerzo aplicado es menor que el límite elástico del material, este regresará a su forma original, pero si el esfuerzo es mayor que el límite elástico del material este sufrirá una deformación permanente.

### **c) Límite elástico**

Es la tensión máxima que puede soportar un material antes de sufrir deformaciones permanentes o rupturas.

#### d) Diagrama esfuerzo-deformación

El diagrama esfuerzo-deformación ayuda a comprender estos conceptos. Consiste en una prueba donde se somete una barra o probeta normalizada con dimensiones estandarizadas de algún material a fuerzas perpendiculares a su cara transversal mediante una máquina de ensayos para hallar las deformaciones y esfuerzos que se producen en dicho material y de esta manera se grafican dichos valores dependiendo del comportamiento del material analizado, los puntos más importantes que arroja la gráfica son la zona elástica y la zona plástica, donde, dependiendo de la magnitud del esfuerzo aplicado, se puede saber si el material analizado podrá recuperar su forma o sufrir una deformación plástica en el cual el material ya no obtendrá su forma inicial; otro punto importante del diagrama es el esfuerzo ultimo ( $S_{ut}$ ), el cual es la magnitud del esfuerzo necesario para que el material analizado se fracture o rompa. (Figura 3.3)

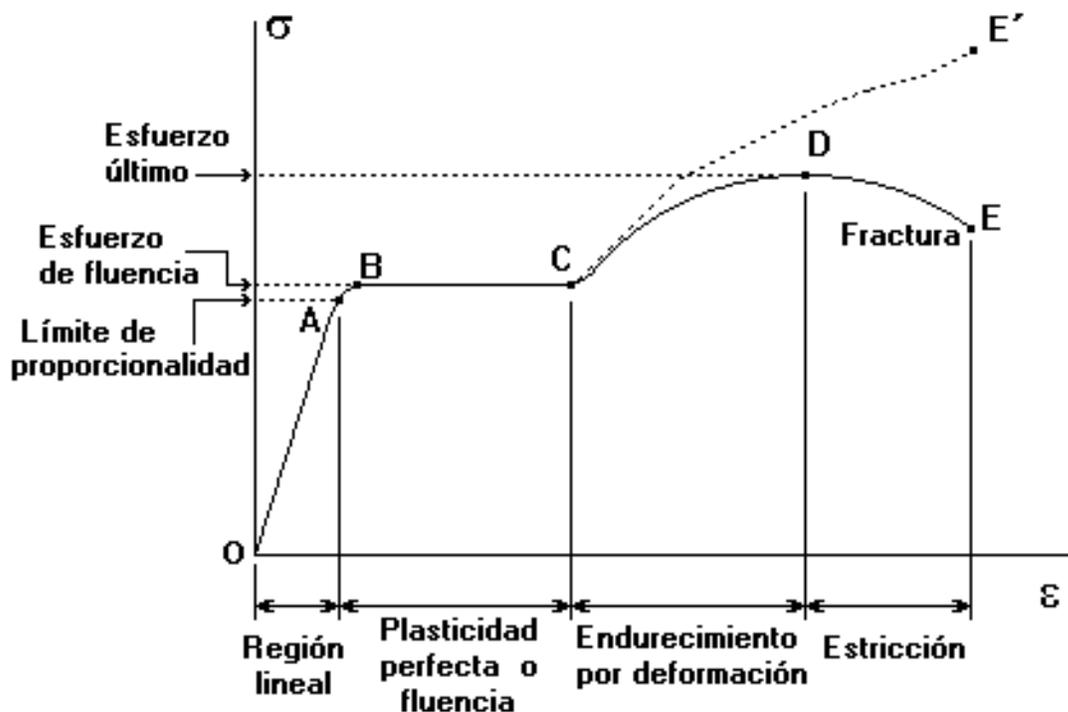


Figura 3.3  
Diagrama esfuerzo-deformación

### **e) Factor de Seguridad**

“El factor de seguridad es la división entre el esfuerzo de cedencia (limite elástico) dado por la curva del material y el esfuerzo calculado y dado por las condiciones a las que está sometido nuestro diseño, en este caso para problemas de análisis estático dentro de SolidWorks Simulation el esfuerzo de Von Mises es el que se tomará en cuenta como esfuerzo calculado, que no es más que una de tantas teorías de falla de materiales.(ver ecuación [2])”.<sup>15</sup>

Entre mayor sea el esfuerzo de cedencia del material y menor el esfuerzo admisible se obtendrá un factor de seguridad mayor, el factor de seguridad F.S siempre debe ser >1, de lo contrario el esfuerzo de cedencia del material estaría soportando más de la fuerza que puede resistir y por lo tanto se originaría una fractura y el factor de seguridad es precisamente lo que quiere evitar, su propósito es darte un margen de seguridad es decir que el diseñador tendrá la certeza de que su diseño y material elegidos resistirán de sobra las cargas aplicadas.

Factor de Seguridad= Esfuerzo de cedencia/Esfuerzo admisible

[2]

### 3.2.2 Material

El material que se usará en los análisis de simulación es un factor importante ya que de estos dependen las propiedades mecánicas que el software necesita para desarrollar los resultados, SolidWorks cuenta con paqueterías de varios materiales desde metales hasta plásticos, pero no cuenta con el Nylamid que se necesita, el software te da la opción de crear tu material agregando las propiedades mecánicas.

A continuación, se presentan los 2 materiales y sus propiedades mecánicas:

- **Nylamid Súper Lubricado (SL) color negro:**

Aplicado para las piezas en contacto directo con los escapes y tubería de presión y sus componentes (sensores y válvulas dosificadoras).

El Nylamid es un plástico de varias familias de polímeros como nylon, polietileno, acetal, entre otros, fabricados por medio de vaciado, moldeo, compresión y extrusión.

#### **Características:**

El Nylamid tiene como característica general principalmente ser muy ligeros y resistentes a la oxidación, sin embargo, esto no es suficiente, ya que la industria demanda materiales que satisfagan las necesidades más complicadas. Entre las principales están:

- Maleabilidad
- Resistencia al desgaste
- Resistencia mecánica
- Resistencia térmica
- Resistencia química
- Compatibilidad para estar en contacto con alimentos
- Ser ligero
- Rigidez

### Principales tipos de Nylamid:

-Nylamid Mecánico (M), color hueso, está aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos de consumo humano.

-Nylamid Súper Lubricado (SL), color negro y está cargado con bisulfuro de molibdeno para reducir su coeficiente de fricción.

-Nylamid Extra-Lubricación (XL), color verde tiene una carga de aceite para reducir más su coeficiente de fricción y tiene baja absorción de humedad.<sup>16</sup>

La Tabla 3.1 muestra las principales propiedades mecánicas y físicas del Nylamid SL utilizado para este estudio, las propiedades en color rojo son obligatorias: Modulo elástico, Densidad de masa y Límite elástico, sin ellas el software no realizará el análisis, SolidWorks no maneja las unidades de los valores investigados, por lo que se realizó la conversión de unidades iguales a las del software.

Tabla 3.1  
Principales propiedades del Nylamid SL  
Fuente: Elaboración propia

PROPIEDADES MECANICAS	Unidades	VALOR	CONVERSION DE UNIDADES
Resistencia a la tensión	Kg./cm <sup>2</sup>	878	86.102 MPa
Módulo de elasticidad a la tensión	Kg./cm <sup>2</sup>	33,744	3309.155 MPa
Resistencia a la compresión	Kg./cm <sup>2</sup>	1,124	
Resistencia a la flexión	Kg./cm <sup>2</sup>	1,195	
Módulo de elasticidad a la flexión	Kg./cm <sup>2</sup>	32,394	
Resistencia al impacto	Kg./cm <sup>2</sup>	2.72	
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>			
Densidad	g./cm <sup>3</sup>	1.16	1160 Kg/m <sup>3</sup>
Dureza shore-D	Kg./cm <sup>2</sup>	85	

- **Aluminio 6061 T6**

Para los soportes que cargarán a los actuadores neumáticos se aplica aluminio 6061 T6, ya que también soportarán las fuerzas aplicadas por los actuadores neumáticos al salir o retraerse el embolo del pistón, así como sus pesos y la de sus componentes.

**Características:**

Es una aleación con otros metales principalmente silicio, hierro, cobre, cromo y zinc, en diferentes porcentajes que lo hacen alcanzar propiedades mecánicas media-altas. Es resistente a la corrosión, tiene buena ductilidad, soldabilidad, es ligero y es muy fácil de maquinar obteniendo buenos acabados, por lo que es ideal para el objetivo de estas piezas.

Tabla 3.2  
Principales propiedades del Aluminio 6061 T6  
Fuente: Elaboración propia

<b>PROPIEDADES MECANICAS</b>	<b>Unidades</b>	<b>VALOR</b>
<b>Resistencia a la tensión</b>	MPa	276
<b>Módulo de elasticidad a la tensión</b>	GPa	68.9
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
<b>Densidad</b>	Kg/m <sup>3</sup>	2700

### 3.2.3 Análisis de simulación de esfuerzos

Se realizaron 2 análisis de esfuerzos, el primero para cada una de las piezas que estarían sobre las mesas (Nylamid para las piezas en contacto directo con los escapes y tubería de presión y aluminio 6061 T6 para las piezas que soportarían los actuadores neumáticos) para comprobar si estos materiales resistirían las fuerzas aplicadas, es decir el peso que cargarían cada una de ellas y ver si el diseño y geometría de cada pieza soportaría el peso de los escapes y la tubería de presión con sus respectivos componentes, también el análisis permitirá saber los pesos de cada pieza para que por medio de la suma de todos los pesos obtener la fuerza que se aplicará para el segundo análisis.

El segundo análisis fue para la estructura de las mesas, donde el objetivo principal es garantizar que el material aplicado a la estructura (acero A36) y la placa de la mesa (aluminio 6061 T6) son los materiales adecuados para soportar el peso de las piezas y el peso de los escapes, tubería de presión y sus componentes.

La Figura 3.4 muestra el sistema de coordenadas que tienen las mesas para poder visualizar las direcciones de las fuerzas en los análisis de esfuerzos.

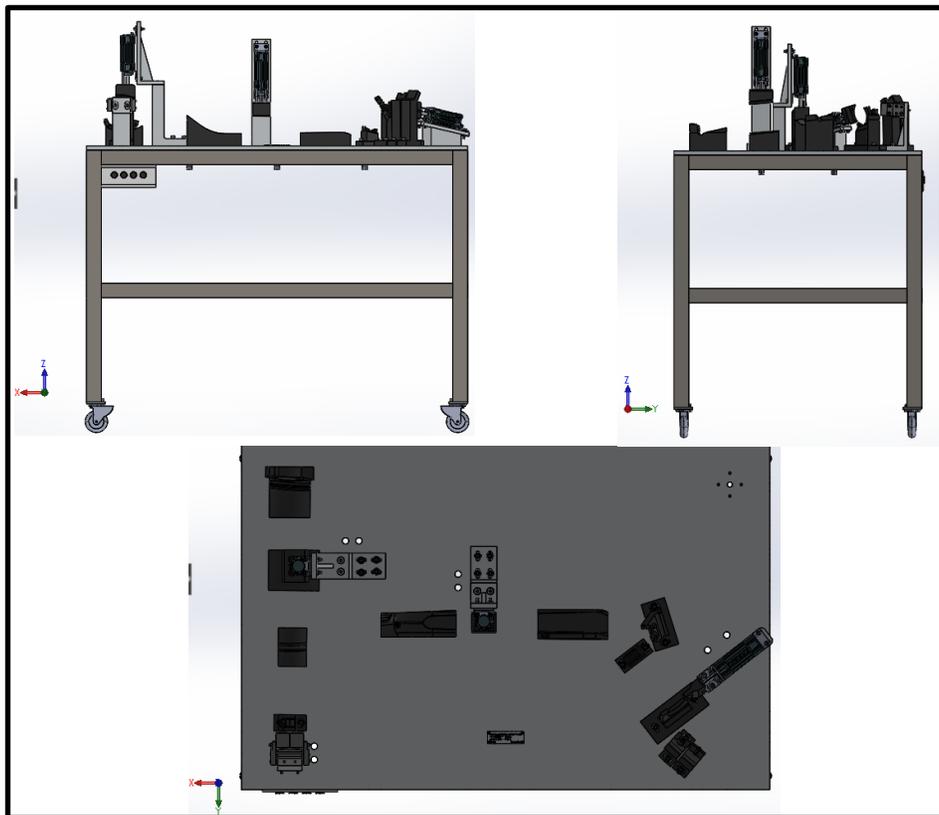


Figura 3.4  
Sistema de coordenadas de las mesas  
Fuente: Elaboración propia

### Procedimiento del estudio (soporte de Nylamid)

Se realizó en el programa CAD SolidWorks el análisis de esfuerzos mediante un análisis estático, para poder identificar si el material y geometrías realizadas en las piezas eran adecuadas para soportar las fuerzas aplicadas.

La Figura 3.5 muestra el procedimiento realizado en el programa SolidWorks con una pieza de Nylamid SL y otra con Aluminio 6061 T6 que son los dos materiales usados en estas mesas de subensamble, ya que para todas las piezas es el mismo procedimiento, sin embargo, el resultado cambia porque las geometrías y fuerzas aplicadas son distintas para cada pieza.

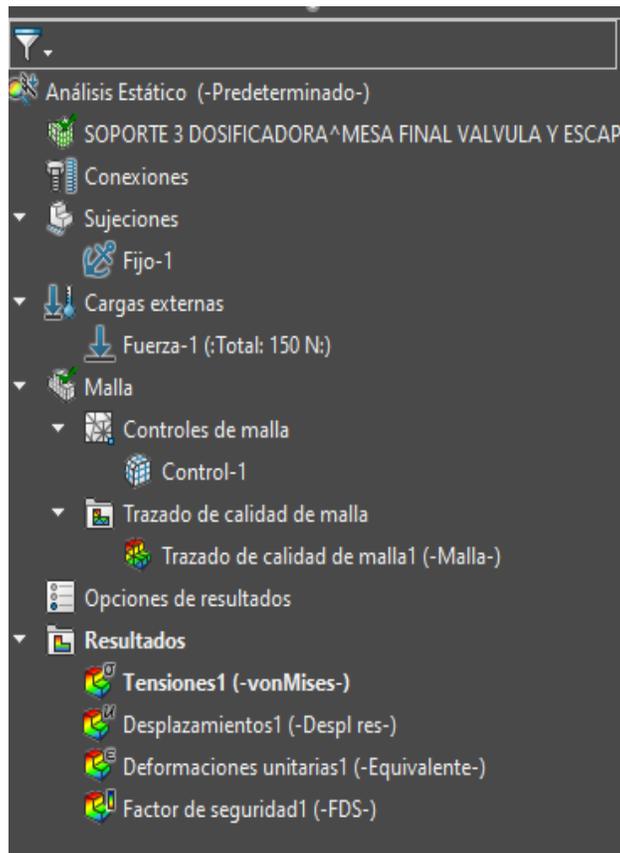


Figura 3.5  
Árbol de operaciones pieza  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 1 (Geometría):** Para realizar un análisis se debe dibujar la geometría en un modelo 3D, estas geometrías son las piezas que se analizarán de cada mesa, se muestran en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4 (ver Anexo 1). La Figura 3.6 muestra la pieza de Nylamid que se analizará (SOPORTE 3 DOSIFICADORA).

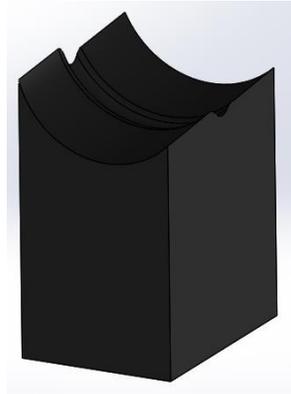


Figura 3.6  
Pieza Nylamid  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 2 (Material):** Aplicar el material a la geometría que se analizará es un requisito indispensable, sin esto el software no podrá ejecutar el análisis, ya que el material contiene las propiedades mecánicas y estas son necesarias para el estudio. El primer estudio es en una pieza de Nylamid, la Figura 3.7 muestra las propiedades mecánicas que usa SolidWorks para hacer el análisis.

Las propiedades en color rojo son obligatorias, son: Modulo elástico, Densidad de masa y Limite elástico sin ellas no se realizará el análisis.

Categoría:	<input type="text" value="Plástico"/>
Nombre:	<input type="text" value="NYLAMIND"/>
Criterio de fallos predeterminado:	Tensión de von Mises máx. ▾
Descripción:	<input type="text" value="-"/>
Origen:	<input type="text"/>
Sostenibilidad:	<input type="text" value="No definido"/> <input type="button" value="Seleccionar..."/>

Propiedad	Valor	Unidad ^
Módulo elástico	3309.155976	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.394	N/D
Módulo cortante	3176.766201	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	1160	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	102.969825	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión	110.226746	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	86.102387	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.2256	W/(m·K) ▾

Figura 3.7  
Datos del material  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 3 (Sujeción):** Identificar las caras donde se aplicarán o simularán las geometrías fijas, para este análisis se usarán las caras de los barrenos donde irán roscados los tornillos ya que estos restringirán el movimiento de las piezas al fijarlas directamente a las mesas, la Figura 3.8 muestra las caras donde se aplicó la geometría fija.

SolidWorks no conoce si la pieza estará fija por medio de tornillos, pegamento, soldadura, etc., el software toma la geometría fija como una cara la cual está restringida, no tiene movimiento y no se desprenderá en ningún momento, aunque físicamente pueda pasar, ya que el estudio no involucra la sujeción de la pieza si no solo la resistencia del material y su geometría para resistir la fuerza aplicada, sin embargo, si los esfuerzos máximos se generan en estas caras o a sus alrededores el software si lo representará.

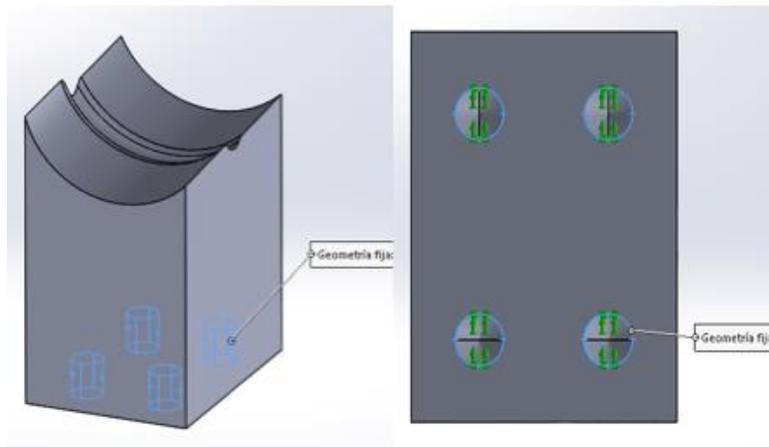


Figura 3.8  
Geometría fija  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 4 (Fuerza):** Identificar las caras donde se aplicará la fuerza, estas caras son fáciles de identificar pues son las superficies que sostienen a la tubería de presión y los escapes, así como sus componentes (sensores y válvulas dosificadoras). Una vez identificadas las caras se seleccionan y se coloca la fuerza aplicada a dichas caras así como la dirección que tendrán, como se ve en la Figura 3.9, la fuerza aplicada es de 150N ya que el peso que cargará esta pieza es de 15Kg (escape corto), aunque estos 15Kg se dividen entre todas las piezas que cargan el escape se dejarán los 15Kg, para convertirlo a fuerza se multiplica por la gravedad  $9.81\text{m/s}^2 = 147.15\text{N}$  y se redondea a 150N ya que es la gravedad quien jalará el peso de las piezas obteniendo de esta manera la fuerza aplicada. La dirección aplicada es vertical a la cara, en este caso como no es una superficie lisa el software va colocando la fuerza perpendicular a la cara en todos los puntos de acuerdo con la curvatura de la cara.

Como se ve en la Figura 3.8 se selecciona la casilla (Total), esto es como el software aplicará la fuerza, de esta manera el software aplicará los 150N distribuido en las caras seleccionadas, si se coloca (Por elemento) el software aplicará 150N a cada cara y esto sería erróneo ya que sería más la fuerza aplicada de la que se aplica realmente.

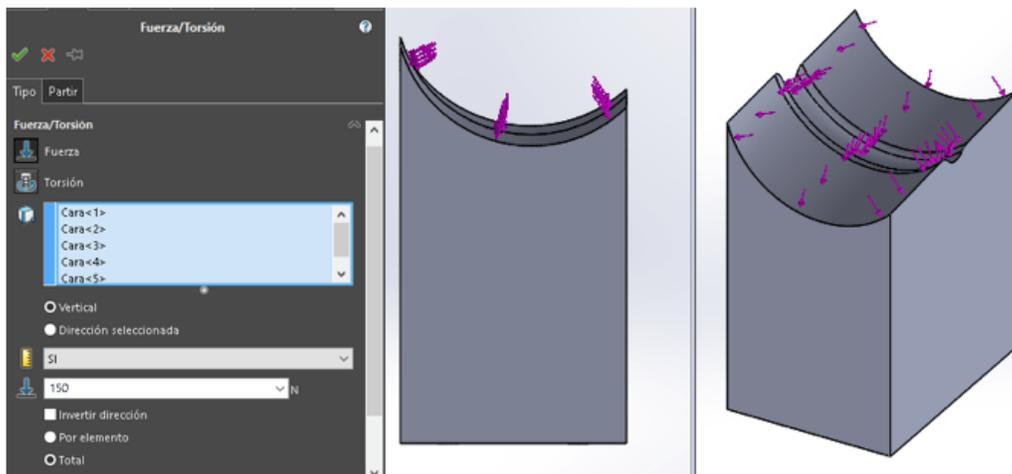


Figura 3.9  
Fuerza aplicada  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 5 (Malla):** Mallado de las geometrías, este es un punto importante, ya que si no se malla adecuadamente los resultados pueden ser alejados de la realidad o erróneos, es por medio del mallado donde el software SolidWorks realiza el análisis en cada pequeño nodo de la malla, es decir entre más nodos tenga la malla el resultado será más cercano a la realidad, esto es como si se partiera una pieza en muchos pedazos y analizar cada pequeño pedazo, es decir que en cada nodo se realiza la división de fuerza aplicada entre dicha área obteniendo el esfuerzo por unidad de área. La Figura 3.10 muestra el mallado realizado, como se ve el mallado es fino en toda la pieza, pero es aún más fino en las caras críticas que son las caras en contacto directo con las piezas y las caras de los puntos fijos, para poder tener este mallado especial se realizó un control de mallado como se ve en la Figura 3.10, el control de mallado se puede realizar de manera fina en toda la pieza, pero el software tardaría más tiempo en analizarlo, es por ello que los mallados solo se hacen en zonas críticas o importantes para ahorrar tiempo, la cantidad de nodos que arrojo el mallado para esta pieza es de 67928 nodos.

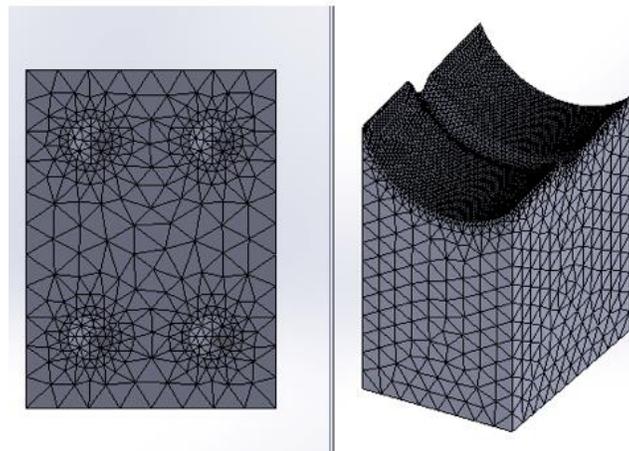


Figura 3.10  
Malla aplicada  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 6 (Resultados):** El primer resultado son los esfuerzos generados como se ve en la Figura 3.11 los puntos de color rojo son los más críticos donde se sufrirán los mayores esfuerzos, en este caso es en los bordes de la superficie, al ser estos muy delgados los esfuerzos se concentran ahí. En la gráfica se observa el límite elástico del material que es 86.102MPa (obtenido de las Tabla 3.1 donde se tienen las propiedades del Nylamid) y el esfuerzo máximo es de 8.796MPa, el software obtiene este valor al dividir la fuerza aplicada entre el área de la sección transversal de la geometría, esto dividiéndolo tantas veces como nodos se tengan en la malla para analizar toda la geometría, al ser menor el punto más crítico en color rojo que el límite elástico se concluye que el material y geometrías usadas son adecuadas para su uso y fuerza aplicada.

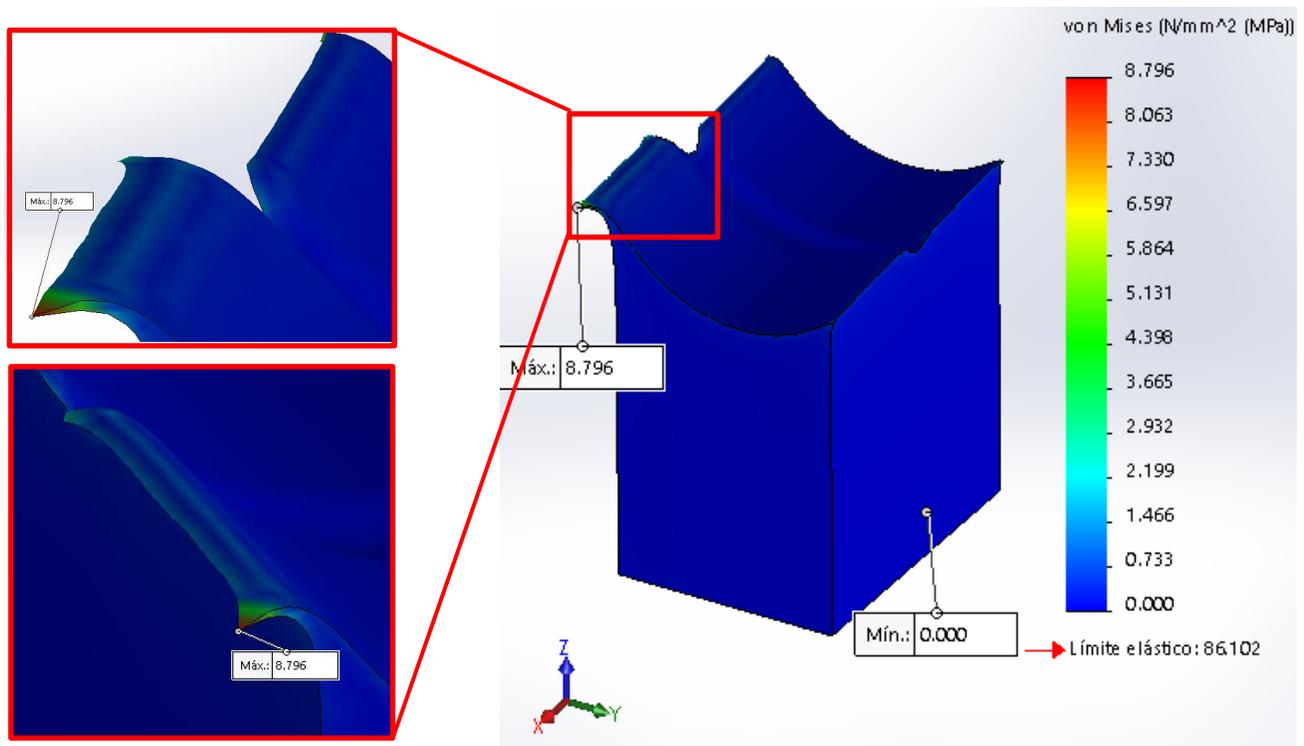


Figura 3.11  
Esfuerzos von Mises  
Fuente: Elaboración propia

El segundo resultado son los desplazamientos, se puede observar que SolidWorks exagera las animaciones para que el usuario pueda visualizar hacia donde fue el desplazamiento y ver los puntos más críticos, estos son los más alejados con respecto a su posición inicial.

En la Figura 3.12 se observa de igual manera que en los resultados anteriores los puntos más críticos en rojo con un valor de 0.020mm, es un desplazamiento muy pequeño y difícil de ver por el ojo humano.

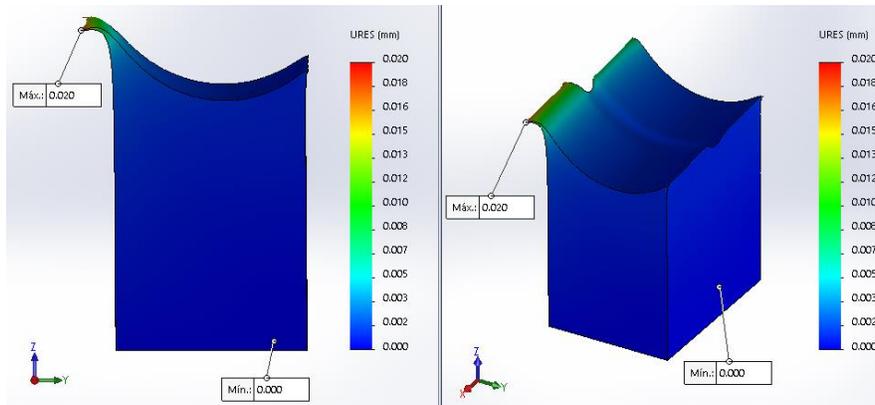


Figura 3.12  
Desplazamientos  
Fuente: Elaboración propia

El tercer resultado es el factor de seguridad como se vio en la página 45 se obtiene mediante la división del límite elástico del material (86.102MPa) y el esfuerzo máximo obtenido anteriormente (8.796MPa) como se vio en la Figura 3.11, la Figura 3.13 muestra el valor del factor de seguridad obtenido por el software (9.788) para el punto más crítico en color rojo que es la superficie más débil, esto debido a que aquí se concentran los esfuerzos como se vio anteriormente.

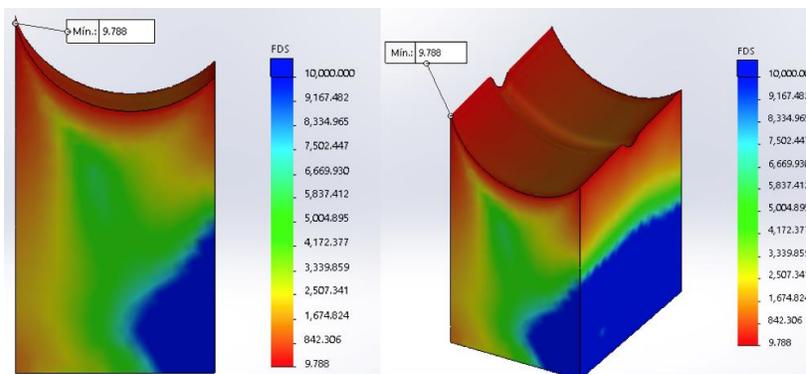


Figura 3.13  
Factor de seguridad  
Fuente: Elaboración propia

Este análisis ayuda para poder hacer mejoras en el diseño antes de fabricar las piezas de manera física y gastar dinero y tiempo, como las piezas de Nylamid tienen la forma de la superficie de los componentes que cargan tienen acabados muy delgados en los bordes donde se concentran los esfuerzos y se obtienen factores de seguridad bajos, por lo que se hicieron redondeos en los bordes para que el esfuerzo no se concentrara ahí y obtener factores de seguridad más altos, el diseño nuevo se ve en la Figura 3.14.



Figura 3.14  
Pieza Nylamid con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

A este nuevo diseño con redondeos en los bordes se lo aplico el mismo análisis con la misma sujeción (Figura 3.15), fuerza (Figura 3.16) y mallado (Figura 3.17).

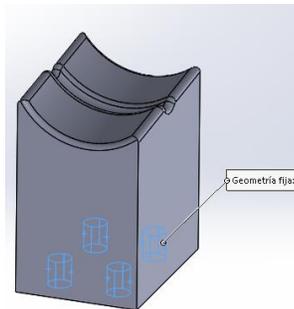


Figura 3.15  
Geometría fija pieza con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

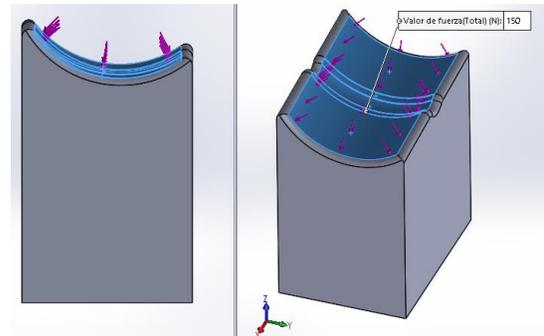


Figura 3.16  
Fuerza aplicada pieza con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

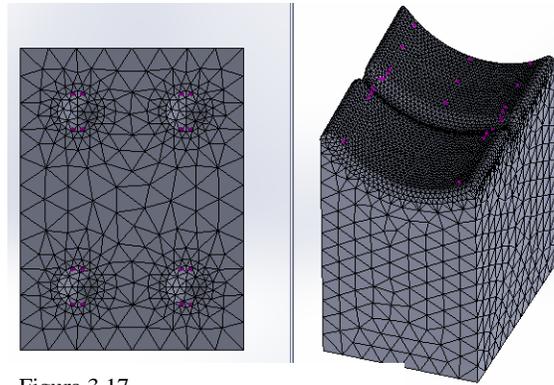


Figura 3.17  
Malla aplicada pieza con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son distintos a los de la pieza sin redondeos como se ve los esfuerzos de von Mises en la Figura 3.18 el máximo esfuerzo ya no está en los bordes este esfuerzo fue eliminado, ahora el mayor esfuerzo está en las caras de los barrenos donde será la sujeción con los tornillos, pero el esfuerzo es muy pequeño (0.176MPa) en comparación con la pieza sin redondeos (8.796MPa).

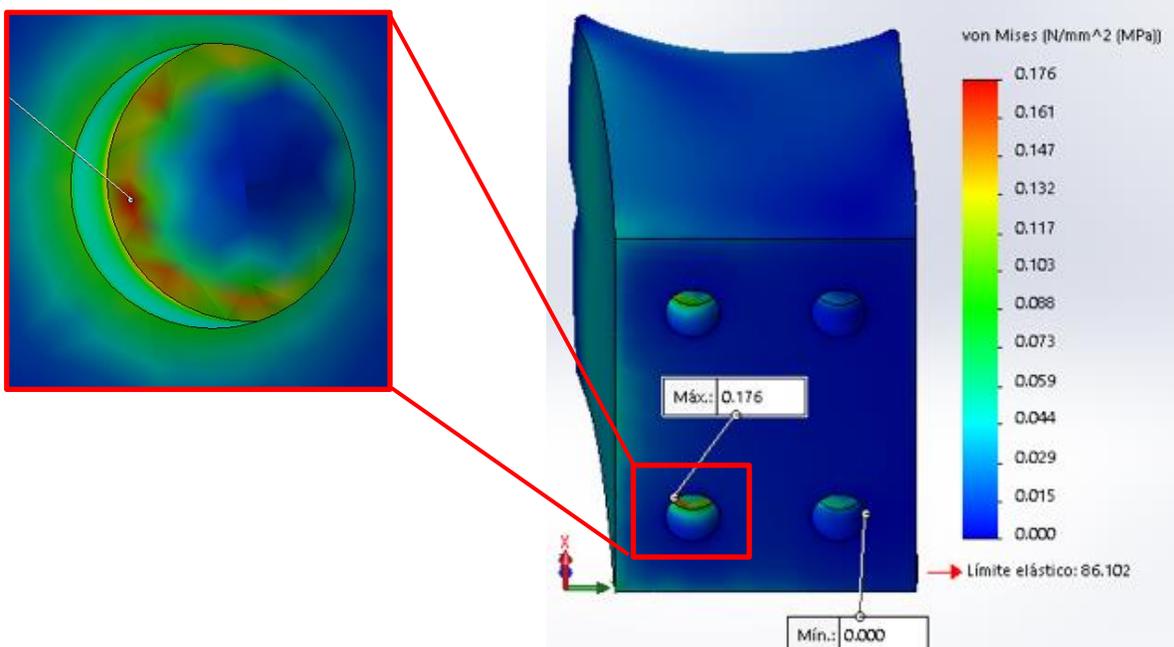


Figura 3.18  
Esfuerzos pieza con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento más alto fue en la misma área de la geometría, pero bajo demasiado su valor (0.002mm) prácticamente no hay movimiento en comparación con la pieza sin redondeos (0.020mm).

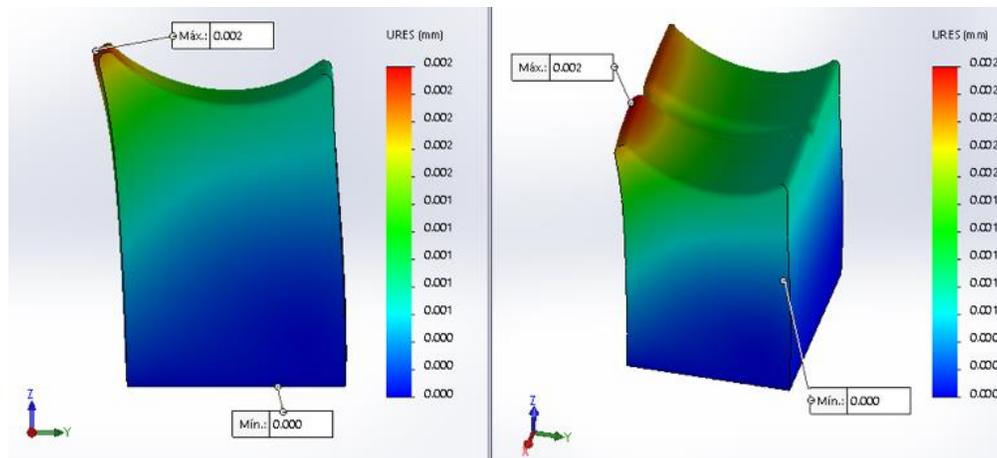


Figura 3.19  
Desplazamientos pieza con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad en este estudio fue más grande (489.526) en comparación con la pieza sin redondeos (9.788), los valores del esfuerzo están ligados directamente a la fuerza y geometría, para este estudio en los bordes es donde se concentraban más los esfuerzos, al eliminarlos con los redondeos estos esfuerzos son quitados teniendo mayores factores de seguridad es por ello que varían demasiado.

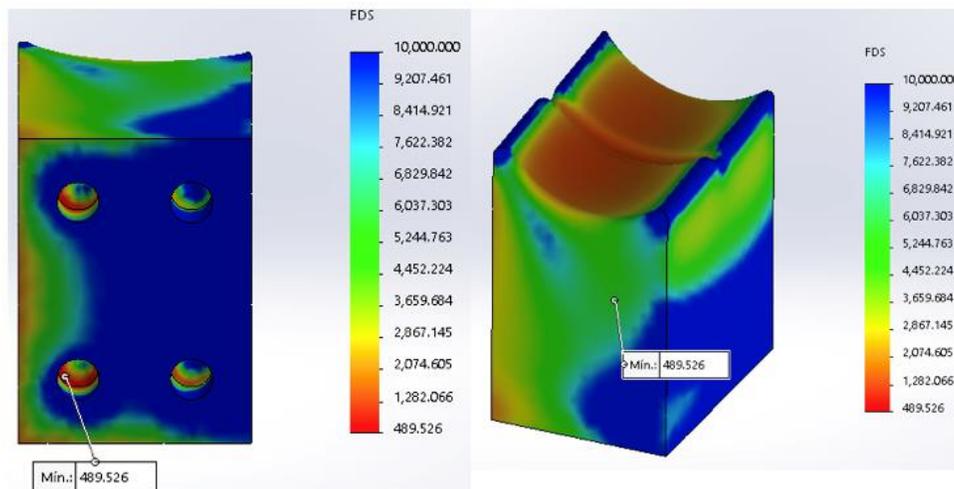


Figura 3.20  
Factor de seguridad pieza con redondeos  
Fuente: Elaboración propia

### Procedimiento estudio pieza Aluminio 6061

A continuación se muestra el proceso de análisis realizado a las piezas de aluminio, este análisis tiene el mismo proceso y estructura que el estudio de las piezas de Nylamid mostrado anteriormente, como se ve en la Figura 3.21, la diferencia está en el material y sus propiedades mecánicas así como las fuerzas aplicadas ya que en este estudio la fuerzas son mayores que al estudio anterior debido a que estas tienen simulada la fuerza ejercida por los pistones al actuar y retraerse, estos movimientos y fuerzas aplicadas influyen en los esfuerzos de las piezas de aluminio, ya que todas las piezas de aluminio son para los soportes de los actuadores neumáticos.

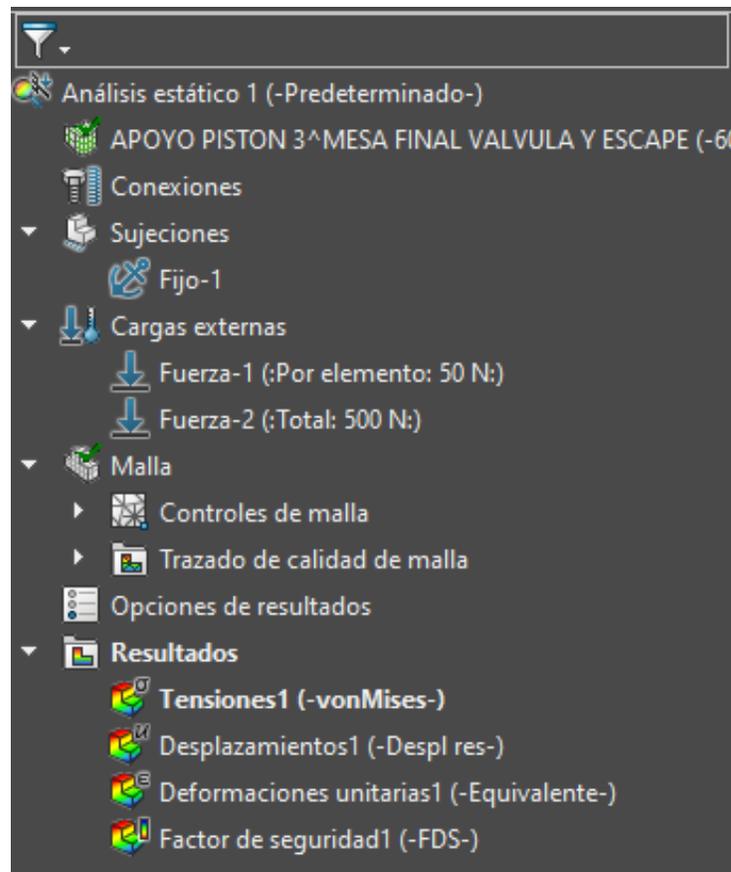


Figura 3.21  
Árbol de operaciones pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

El objetivo de este estudio es conocer si las geometrías y material son los adecuados para soportar las fuerzas ejercidas por los pesos de los pistones y sus fuerzas al actuar y retraerse.

**Paso 1 (Geometría):** La geometría de la pieza es (APOYO PISTÓN 3), la Figura 3.22 muestra la pieza de aluminio que se analizara.

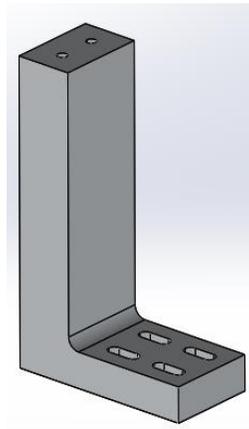


Figura 3.22  
Pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 2 (Material):** El material es un Aluminio 6061 (T6), el software ya trae cargado este material al ser uno muy común, se validaron las propiedades contra una ficha técnica del material, la Figura 3.23 muestra las propiedades mecánicas del material que coinciden a las vistas anteriormente.

Unidades:	SI - N/mm <sup>2</sup> (MPa)
Categoría:	Aleaciones de aluminio
Nombre:	6061-T6 (SS)
Criterio de fallos predeterminado:	Tensión de von Mises máx.
Descripción:	
Origen:	
Sostenibilidad:	Definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	69000.00067	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Módulo cortante	26000.00013	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	2700	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	310.0000021	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	275.0000009	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-05	/K

Figura 3.23  
Datos del material aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 3 (Sujeción):** Al igual que el estudio del Nylamid la sujeción es en las caras donde irán fijados los tornillos para restringir su movimiento, como se ve en la Figura 3.24.

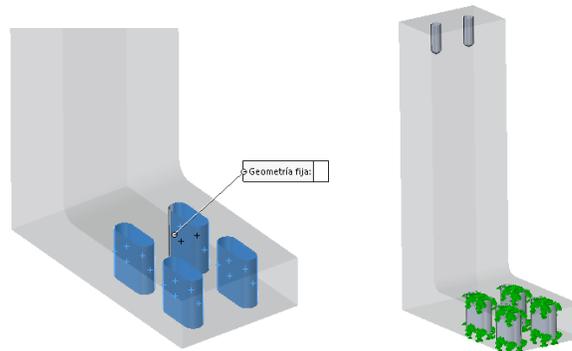


Figura 3.24  
Geometría fija pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 4 (Fuerza):** Las fuerzas aplicadas en este estudio se descomponen en 2 que son las principales que actúan como se ve en la Figura 3.25, la Fuerza 1 es de 50N en la cara superior ya que esta carga el peso de los siguientes componentes: soporte que va montado encima ( $0.702\text{Kg}=7\text{N}$ ), pistón ( $0.496\text{Kg}=5\text{N}$ ), garra de sujeción ( $0.305\text{Kg}=3\text{N}$ ) y los componentes del pistón: pernos guía, tornillos y reguladores de caudal ( $0.509\text{Kg}=5\text{N}$ ), la suma de todos estos son los 20N se colocaron 50N para ver el comportamiento, estas fuerzas se definieron al multiplicar sus pesos por la gravedad  $9.81\text{m/s}^2$ , mientras que la fuerza 2 es el resultado de la fuerza aplicada por el pistón al actuar y retraerse como se ve en su ficha de especificaciones tiene una fuerza de empuje al actuar de 402N (ver Anexo 2), es importante mencionar que la velocidad del pistón no se considera en este estudio ya que se usaron reguladores de caudal en las entradas y salidas de aire de todos los actuadores neumáticos para evitar un golpe brusco a los escapes y tubería de presión, con estos reguladores de caudal la velocidad se configuró de manera lenta por lo que si tiene influencia sobre el soporte analizado pero al ser muy mínimo no se tomó en cuenta, más el peso de los componentes nuevamente ya que al actuar causa el movimiento de los componentes aplicando toda la fuerza en las caras de sujeción del tornillo, este comportamiento se observó al hacer una prueba con el pistón y atornillarlo ligeramente es decir el tornillo estaba flojo para poder ver como se sacudían los componentes y visualizar las fuerzas que actuaban.

Cabe mencionar que no se sabe si este estudio es igual a la realidad debido a que las fuerzas se descomponen en varias direcciones y magnitudes, pero si es lo más cercano gracias a que se observaron los movimientos que generaba el pistón al actuar en las demás piezas fijas en el y los resultados obtenidos son suficientes para saber si esta geometría soportara las fuerzas aplicadas.

La principal función de este pistón es la sujeción del escape corto restringiendo su movimiento en el eje Z.

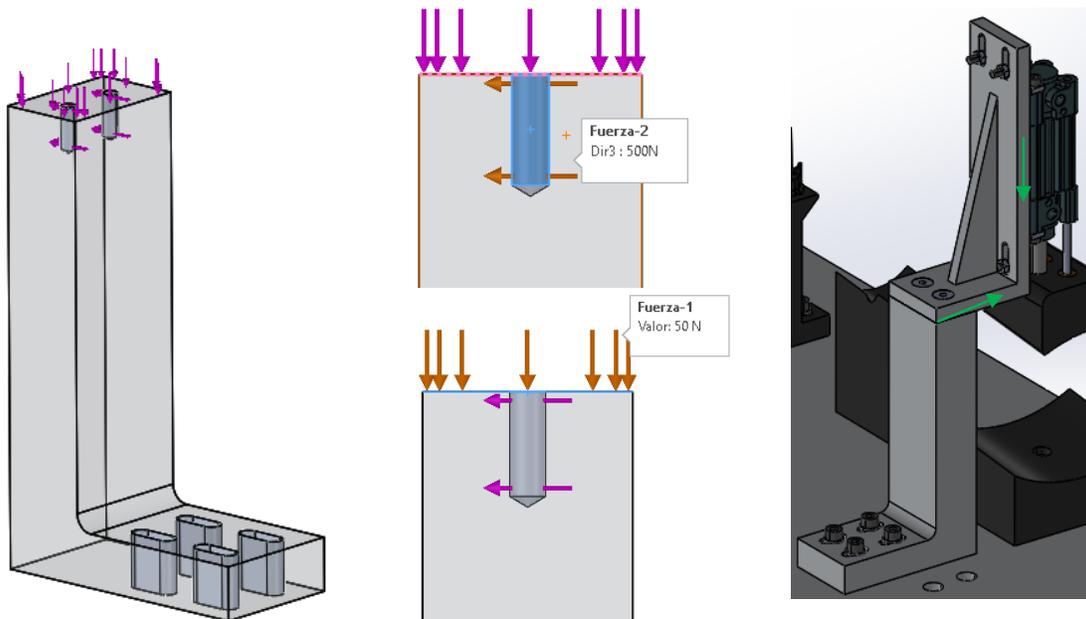


Figura 3.25  
Fuerzas aplicadas pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 5 (Malla):** Al igual que en el estudio de Nylamid se aplicó un control de mallado atacando principalmente las caras más críticas como son las caras de asentamiento, de contacto y de los tornillos de sujeción, la cantidad de nodos fue 172,210 para este mallado.

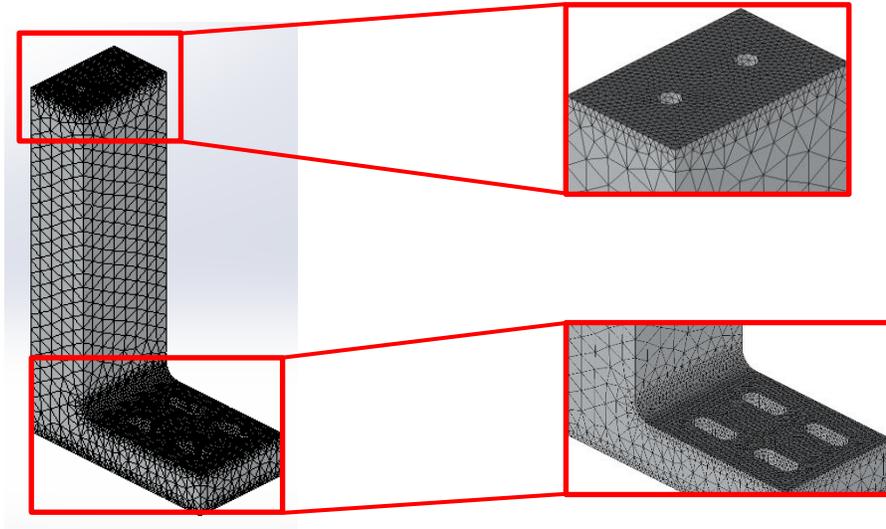


Figura 3.26  
Malla pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

**Paso 6 (Resultados):** Los esfuerzos de von Mises arrojaron un esfuerzo máximo de 8.848MPa en la zona del redondeo como se ve en la Figura 3.27, esto es lógico ya que la dirección y magnitud de las fuerzas provocan que los esfuerzos se generen en esta cara, pero el esfuerzo máximo es muy pequeño comparado con el límite elástico del material por lo que se tendrá un buen factor de seguridad, quiere decir que esta geometría y material resistirán la fuerza aplicada.

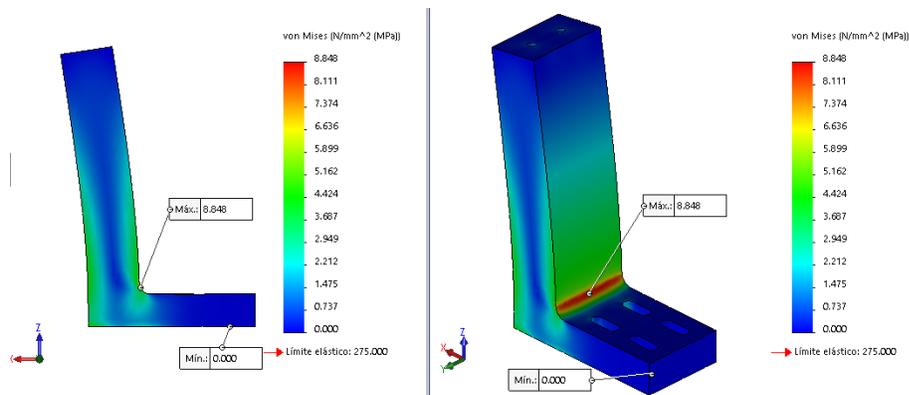


Figura 3.27  
Esfuerzos von Mises pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento más alto fue 0.056mm, lo que físicamente no se percibe, pero SolidWorks permite exagerar el desplazamiento para poder visualizarlo, este desplazamiento es generado en esa dirección debido a la fuerza aplicada en esa dirección, como se ve en la Figura 3.28.

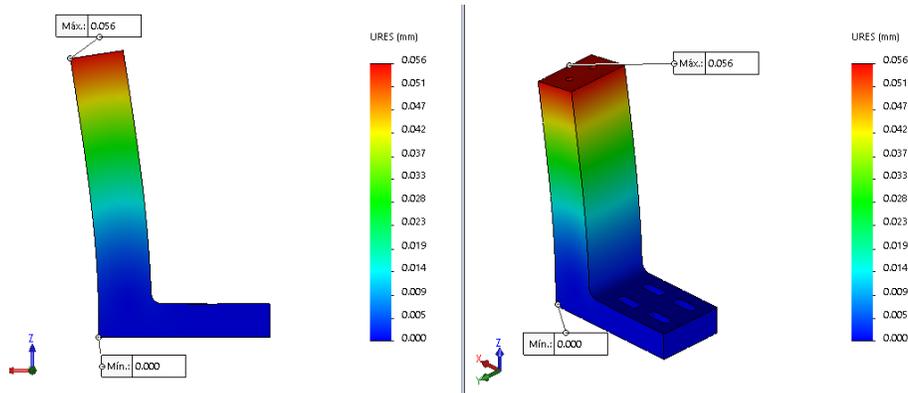


Figura 3.28  
Desplazamientos pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad obtenido fue de 31.079, este es un factor muy alto, esto quiere decir que este soporte con esta dimensión y material puede soportar 31 veces más la fuerza aplicada, como se ve en la Figura 3.29, por lo que funcionara adecuadamente para este proyecto.

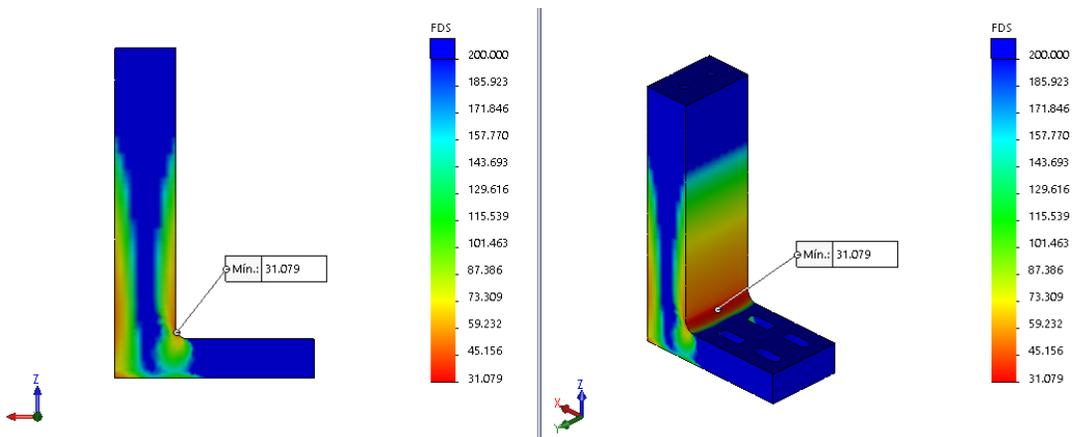


Figura 3.29  
Factor de seguridad pieza aluminio 6061  
Fuente: Elaboración propia

### Estudio estructura mesa.

El proceso para el análisis de la mesa es igual al estudio de las piezas de Nylamid y aluminio, solo que este al ser un ensamble entre 2 materiales distintos (Acero A36 para la estructura y aluminio 6061 T6 para la placa de la mesa), se deben colocar estos parámetros en el software y este distribuye en ambos componentes con distintos materiales las fuerzas aplicadas, en este caso son  $440\text{N} = 44.8\text{Kg}$  como se ve en la Figura 3.30, que corresponden al peso total de los soportes y componentes (escape corto, escape largo, actuadores neumáticos y tornillería), que estarán en la mesa, los pesos de los soportes se ven en la Tabla 3.3.

De igual manera la Figura 3.30 muestra la geometría fija, en este caso se colocó en las patas de la mesa y se aplicó un control de mallado fino en la placa de la mesa debido a que tiene las ranuras de las posiciones de los soportes y hay geometrías muy pequeñas por lo que el software necesita ajustarse a esas caras.

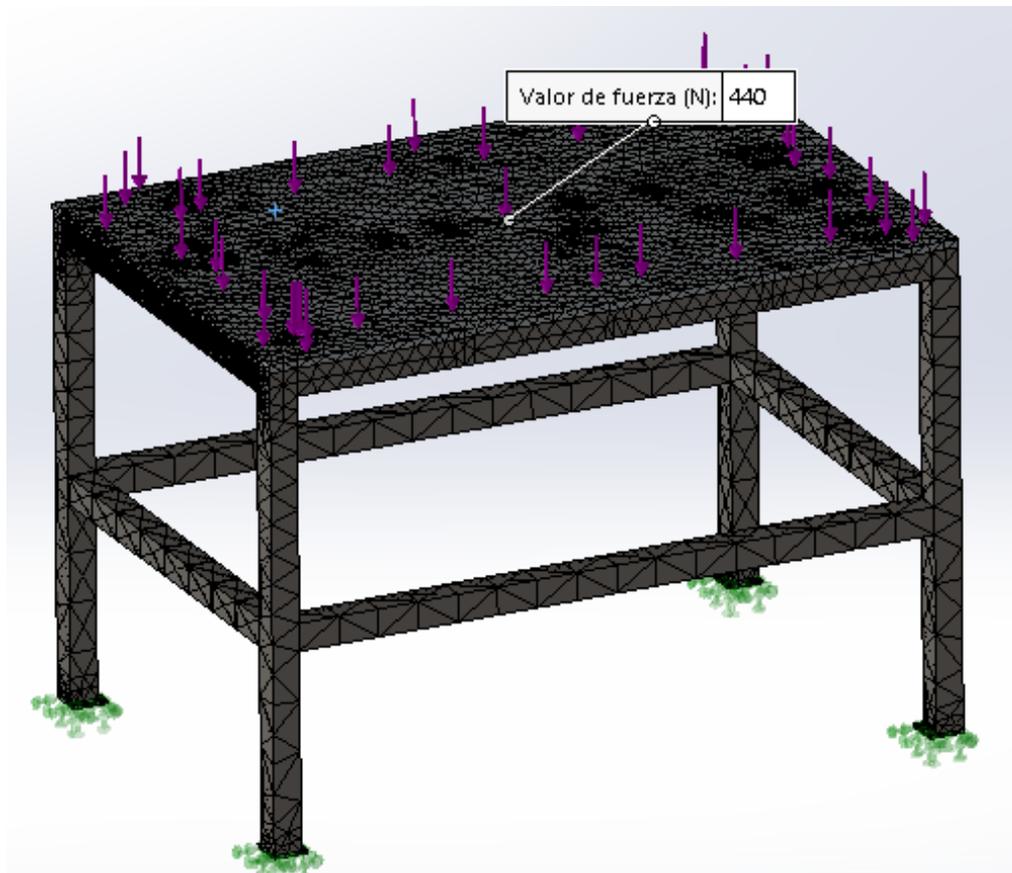


Figura 3.30  
Geometría fija, fuerza aplicada y mallado.  
Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo de von Mises máximo es de 3.125MPa como se ve en la Figura 3.31 en una de las esquinas de la estructura de la mesa, el software toma el ensamble como una unión rígida, es decir como si fuera una sola pieza, solo que respeta las propiedades mecánicas de cada material, los esfuerzos generados en cada punto son en base al límite elástico de cada material, en esta caso el esfuerzo más grande se dio en la estructura que es de Acero A36 por lo que si el límite elástico de este material es menor al esfuerzo generado no soportara el esfuerzo y habrá una deformación o ruptura en este punto, pero si es mayor quiere decir que resistirá la fuerza aplicada, esto se apreciará en el factor de seguridad.

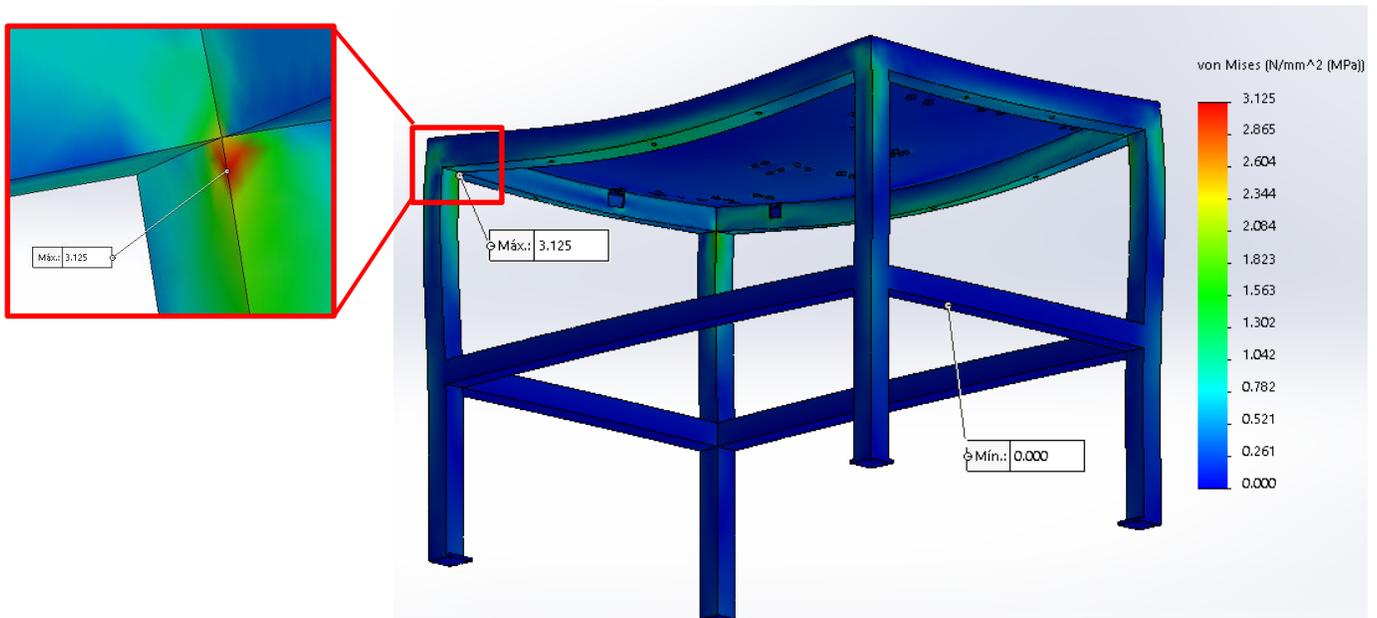


Figura 3.31  
Esfuerzos de von Mises  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento máximo obtenido en color rojo como se ve en la Figura 3.32 se visualiza al centro de la placa de la mesa, esto es lógico ya que en el centro no hay un soporte que ayude a cargar la fuerza aplicada a diferencia de las orillas de la mesa donde si hay soportes distribuyendo la fuerza aplicada en la superficie de la mesa, este análisis ayuda a ver estas situaciones y a considerar si es necesario colocar un soporte en medio de la mesa para cargar la fuerza aplicada, en este caso en particular no es necesario colocarlo, ya que como se ve los esfuerzos son muy pequeños y se tienen un buen factor de seguridad como se ve en la Figura 3.33 por lo que no hay necesidad de colocar un soporte extra ya que involucraría más costo. Además, no es un factor crítico que afecte al funcionamiento de la mesa ya que como se ve el desplazamiento máximo es de 0.041mm, que es imperceptible para el ojo humano.

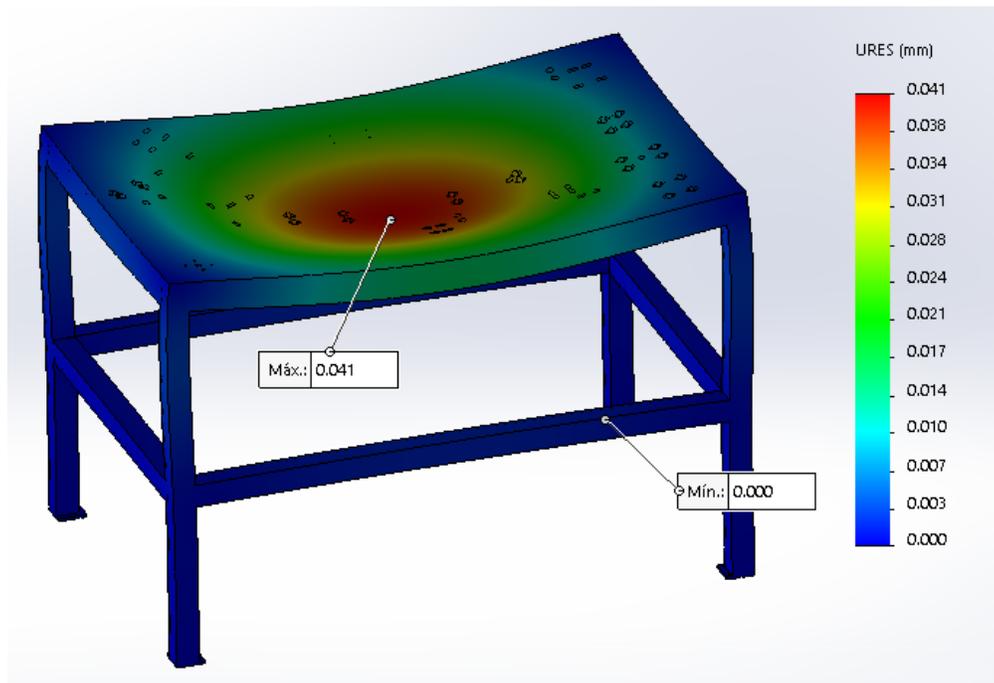


Figura 3.32  
Desplazamientos  
Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad está en función del esfuerzo máximo, por lo que está ubicado en el mismo lugar, como se ve en la Figura 3.33 el valor obtenido (79.997), es el resultado del límite elástico del material de la estructura Acero A36 (250MPa) entre el esfuerzo máximo obtenido (3.125MPa), esto debido a que el esfuerzo máximo está localizado en la estructura, si el esfuerzo máximo hubiese estado en la placa de aluminio el software cambiaría el factor de seguridad realizando la división con el límite elástico del aluminio.

En este caso el factor de seguridad es grande, esto quiere decir que la mesa con esta geometría y material resistirá la fuerza aplicada en su superficie y podrían colocarse 79 veces más los 440N de fuerza.

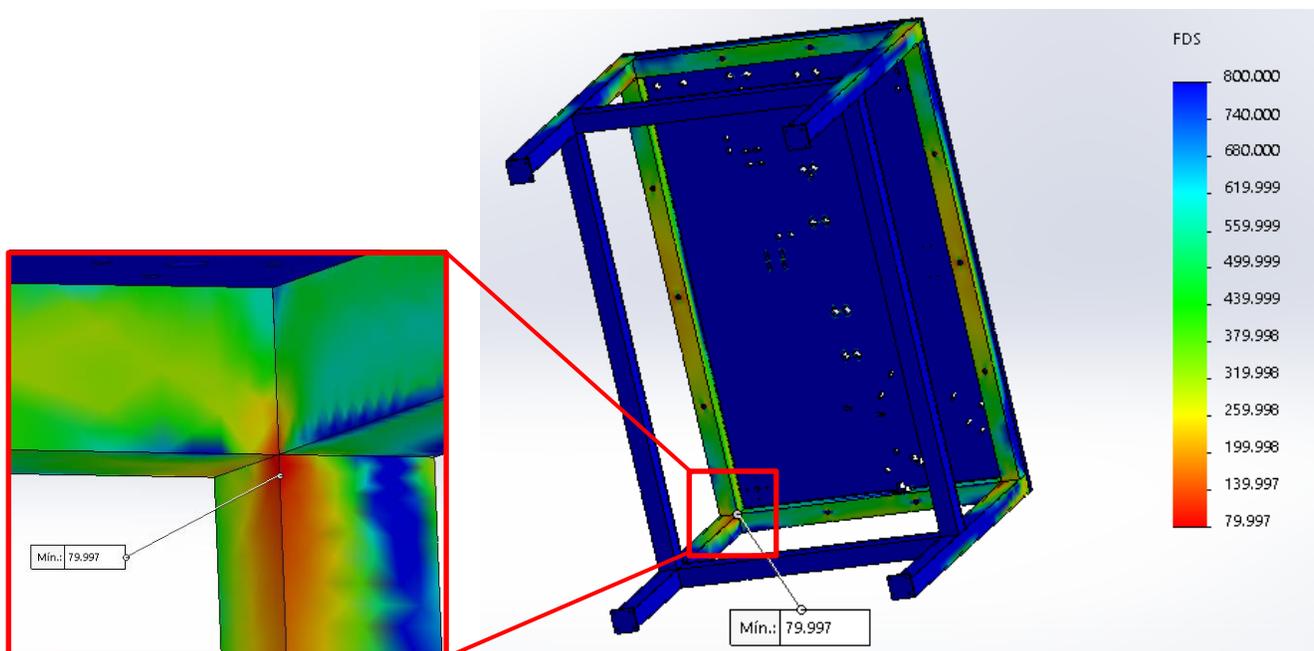


Figura 3.33  
Factor de seguridad  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4 Interpretación de resultados.

Como se ve en la Tabla 3.3 y 3.4 (ver Anexo 1) los resultados obtenidos en la mayoría de las piezas de Nylamid son factores de seguridad muy altos, esto debido a que las geometrías son similares a unos cubos y las fuerzas aplicadas son a compresión es decir hacia dentro de la pieza, un ejemplo de esto es un bloque de metal de algún acero o aluminio del tamaño de un tabique de construcción, si se pasa o coloca encima del bloque de metal el peso de un automóvil de 2 toneladas, este material no sufrirá una deformación, o si la sufre sería mínima y no se percibiría, tanto así que se utilizan pequeños bloques de metal como calzas o bases para colocar cosas muy pesadas.

Ahora bien, las piezas de Nylamid tienen una resistencia menos a la de los metales es por ello que soportan menos peso, pero el funcionamiento es el mismo, por lo que sus factores de seguridad son altos para la función que tendrán ya que cargaran muy poco peso (15Kg) para el escape más pesado.

El estudio ayudó a confirmar que el material aplicado era el adecuado, es decir cumplía con ser resistente a las fuerzas y además ligero sin necesidad de usar aceros o materiales más pesados.

Los factores de seguridad varían mucho entre las piezas de Nylamid y aluminio, para el Nylamid son factores de seguridad grandes por las geometrías robustas y cuadradas, así como la poca fuerza aplicada, y en el caso de las piezas de aluminio las fuerzas son muy grandes debido a la fuerza aplicada de los actuadores neumáticos, además las geometrías son esbeltas, así mismo los límites elásticos son diferentes, el aluminio tiene un límite elástico mayor es por ello que algunas piezas de aluminio tienen grandes factores de seguridad, también las direcciones de las fuerzas son distintas, para las piezas de Nylamid son hacia abajo (Z) en dirección de la gravedad a compresión y en las piezas de aluminio las direcciones de las fuerzas son descompuestas en dos direcciones por la fuerza del actuador y la carga del peso (X, Z) de los componentes haciendo que los esfuerzos se concentren en diferentes puntos y reduciendo así sus factores de seguridad a diferencia de los soportes de Nylamid.

La diferencia entre las piezas de aluminio y Nylamid varia demasiado en cuanto a los esfuerzos y factores de seguridad y podría pensarse o interpretarse que el Nylamid es más resistente que el aluminio lo cual es falso, la verdad es que el aluminio es más resistente porque tienen mayor límite elástico, en este caso en las piezas de aluminio tienen un factor de seguridad más bajo que las piezas de Nylamid aun aplicando las mismas fuerzas, debido a que las direcciones de las fuerzas y geometrías son diferentes, la Tabla 3.5 muestra un ejemplo claro de lo que está sucediendo.

Si a una pieza de Nylamid se le aplican 85 N de fuerza su factor de seguridad es 106.708, esto quiere decir que soporta 106.708 veces los 85N= 9070.18 N.

Si ahora se aplican 550 N de fuerza a la misma geometría y material el factor de seguridad es de 16.492 y quiere decir que soporta 16.492 veces 550 N=9070.6N

Ahora bien, si a una pieza de Aluminio se le aplican 550N de fuerza el factor de seguridad es 4.888, esto quiere decir que soporta 4.888 veces 550N=2688.4N

Tabla 3.5  
Comparación entre pieza de Nylamid y Aluminio.  
Fuente: Elaboración propia.

NOMBRE	MATERIAL	AYUDA VISUAL	PESO	FUERZA APLICADA	DESPLAZAMIENTO	LIMITE ELÁSTICO	TENSION de von Mises MÁXIMA	FACTOR DE SEGURIDAD
Pokayoke dosificadora	Nylamid		202.57 g	85 N	0.022 mm	86.102 MPa	0.807 MPa	106.708
Pokayoke dosificadora	Nylamid		202.57 g	550 N	0.141 mm	86.102 MPa	5.221 MPa	16.492
Apoyo piston 3	Aluminio 6061 (T6)		1815.49 g	550 N	0.160mm	275 MPa	56.255 MPa	4.888

Como se ve en el ejemplo las fuerzas aplicadas son las mismas (550N) para ambas piezas (Nylamid y de aluminio), y teóricamente se debería obtener que el aluminio obtiene un factor de seguridad mayor debido a que tiene un límite elástico más grande que el Nylamid, pero se puede ver que no sucede esto, sino que el Nylamid tiene un factor más grande (16.492) a diferencia del aluminio (4.888), esto sucede debido que aunque las magnitudes de fuerza son iguales las direcciones no lo son, como se ve en las Figuras 3.34 y 3.35, lo que hace que los esfuerzos se generen en diferentes caras, así mismo las geometrías son diferentes lo que también hace que el factor de seguridad cambie.

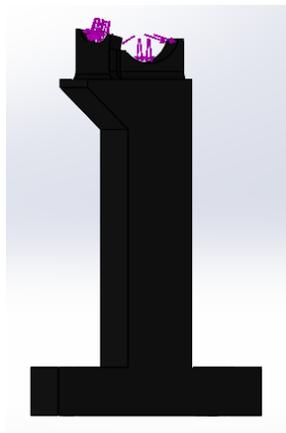


Figura 3.34  
Dirección de la fuerza en pieza de Nylamid  
Fuente: Elaboración propia

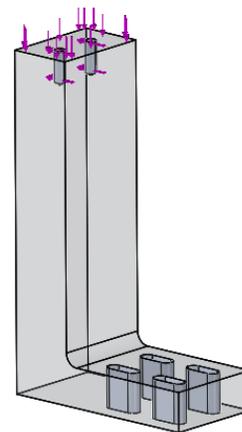


Figura 3.35  
Dirección de la fuerza en pieza de aluminio  
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3.3 muestra las piezas que contiene la "mesa escapes" y la Tabla 3.4 muestra las piezas que contiene la "mesa tubería de presión"(Ver Anexo 1), así como sus respectivos pesos, fuerza aplicada, desplazamiento, limite elástico, tensión de von Mises y Factor de Seguridad.

En La Tabla 3.3 hay 2 valores en 2 colores diferentes, rojo (para los análisis de las piezas sin redondeos) y verde (para los análisis de las piezas con redondeos).

### **3.3 Procedimiento de fabricación**

El procedimiento está dividido en los siguientes pasos (ver Anexo 3):

1. Con la elaboración de las piezas 3D y los planos 2D, se realizó la programación de las piezas en un programa CAM (Computer Aided Manufacturing, por sus siglas en inglés), esta programación proporciona el código que necesita la máquina de Control Numérico por Computadora (CNC) para manufacturar la pieza.
2. Maquinado y rectificado de placas base de la mesa de aluminio 6061 T6.
3. Una vez manufacturadas las piezas se verificaron dimensiones de cada pieza contra el plano 2D para garantizar que los 3D coincidiera con lo físico.
4. Corte y soldadura de los perfiles PTR de acero usados para la estructura.
5. Aplicación de pintura epóxica a las estructuras de acero A36.
6. Ensamble de estructura-placa base-llantas.
7. Ensamble de la estructura con la placa de la mesa.
8. Ensamble mesa-soportes como se ve en el "plano 2D Layout", este ensamble se realizó con tuercas de presión y tornillos de cada pieza que se mencionan en la Tabla 3.3 y 3.4.

### **3.4 Mesas terminadas**

En el Anexo 3 se pueden visualizar todas las imágenes de las 2 mesas terminadas por completo de manera física.

## CONCLUSIONES

Para el desarrollo de esta tesis se recabó información sobre el entorno en el que se implementará el sistema diseñado, específicamente en la industria automotriz, así como el sistema QFD que permite lograr la satisfacción del cliente tomando en cuenta desde la fase de diseño las prioridades que se deben alcanzar y de esta manera saber si se cuenta con todas las herramientas necesarias para dar solución al problema, este sistema permitió establecer los objetivos específicos y crear un plan de acción para cumplirlos.

1. Por medio de la jerarquización de los requerimientos del cliente se pudo establecer un buen diseño en las 2 mesas de subensamble logrando tener una buena distribución de las piezas en las mesas y posicionar los escapes, tubería de presión, válvulas dosificadoras y sensores respecto a la posición del CAD mediante soportes con la superficie de cada componente que restringían sus movimientos.

2. El principal objetivo no solo era posicionar los componentes si no condicionar al operador a colocar siempre de la misma manera los sensores y válvulas dosificadoras conforme a su posición y ángulo final y evitar retrabajos por mal ensamble, esto se logró mediante la creación de los sistemas aprueba de error (poka-yokes) que condicionan al operador a realizar el ensamble de estos componentes de una sola manera y garantizar así su posición adecuada.

3. Todos los soportes se diseñaron y modelaron en el software SolidWorks en base a los dibujos CAD proporcionados por el cliente, de esta manera se facilitó el diseño mecánico que ayudó a la contención mecánica de los componentes mediante los de los soportes Nylamid y Aluminio.

4. Se cumplió con el análisis estático de cada pieza diseñada para garantizar que el material y geometría propuestos cumplieran con el funcionamiento y durabilidad en el proceso de ensamble sin sufrir deformaciones con las fuerzas aplicadas, para las piezas de Nylamid soportaban el peso de cada componente, y los soportes de aluminio soportaban las fuerzas ejercidas por los actuadores neumáticos, el resultado de los análisis garantizo que los soportes resistieran dichas fuerzas al observar factores de seguridad muy altos.

Estos análisis fueron muy importantes ya que ayudaron a rediseñar los soportes aplicando redondeos ya que por la superficie de los componentes los acabados eran puntiagudos y los esfuerzos se concentraban ahí, y se tenían factores de seguridad bajos, gracias a los redondeos los esfuerzos se concentraron en zonas más robustas de los soportes obteniendo factores de seguridad grandes.

5. El bloqueo y contención de los escapes, tubería de presión, sensores y válvulas dosificadoras se logró gracias a las propuestas hechas de cada actuador neumático necesario, para poder proponer los actuadores neumáticos correctos se diseñaron las garras de sujeción que tendría cada actuador neumático y de esta manera tomar las distancias que necesitaba recorrer el actuador neumático para posteriormente elegir los actuadores neumáticos con las carreras adecuadas.

El funcionamiento de los grippers es un valor agregado ya que estos bloquean el movimiento de los sensores y válvulas dosificadoras al aplicar el torque de 75N, garantizando su posición evitando desplazamientos y perdiendo la posición requerida.

El funcionamiento del pistón giratorio es importante ya que asegura la sujeción de la tubería de presión en el eje Z, evitando su movimiento y a su vez al girar y retraerse facilita la liberación de la pieza por parte del operador generando una buena ergonomía para el mismo.

6. Se propuso la funcionalidad del control mediante PLC, con condiciones de seguridad que garantizaban el bienestar físico del operador, esto mediante el botón de inicio y el sensor inductivo los cuales estaban conectados en serie, esto quiere decir que tienen que activarse ambos para que los actuadores neumáticos funcionen, si solo estuviese el sensor inductivo conectado, inmediatamente al colocar la pieza los actuadores neumáticos se accionarían ocasionando un accidente en las extremidades del operador, ahora bien si solo estuviese el botón de inicio, el operador no sabría si la pieza está colocada adecuadamente ya que el sensor es quien da esta respuesta, por lo que se complementan ambas restricciones ayudando a tener un sistema robusto y seguro.

## REFERENCIAS

1. Información obtenida de la pagina de internet;

<http://www.automotores-rev.com/superavit-de-88867-mdd-balanza-comercial-automotriz-en-2019/>

2. De acuerdo con información obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía

(INEGI), reporte mensual del 8 de enero de 2010. Sitio web:

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/notasinformativas/2020/rm\\_raiavl/rm\\_raiavl2020\\_01.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/notasinformativas/2020/rm_raiavl/rm_raiavl2020_01.pdf)

3. Akao, Yoji: *Despliegue de Funciones de Calidad: Integración de las necesidades del cliente en el diseño del producto*. Madrid: TGP-HOSHIN, SL. 1993.

4. Rodríguez de Rivera, “Desarrollo Funcional de la calidad”, Departamento de Ciencias

Empresariales, Universidad de Alcalá, sitio web:

[http://sunwc.cepade.es/~jriviera/org\\_temas/aplic\\_org\\_sys/quality/qfd/intro\\_qfd.htm](http://sunwc.cepade.es/~jriviera/org_temas/aplic_org_sys/quality/qfd/intro_qfd.htm)

5. Izar, Juan *Quality Function Deployment*, noviembre 16, 2018, sitio web:

[https://www.researchgate.net/publication/328979929\\_Quality\\_Function\\_Deployment](https://www.researchgate.net/publication/328979929_Quality_Function_Deployment)

6. David L. Goetsch, Stanley Davis. (1996). *Introduction to Total Quality*. España: Merrill.

7. Milagros Galbiatti. (s.f). *Revolución Industrial*, de Atlantic International University Sitio

web: <https://www.aiu.edu/resources/Proceso%20Administrativo/6.pdf>

8. Luis Eduardo Galindo Neira, José Guillermo Ortiz Jiménez. (2005). *Economía y política*2.

Bogotá: Santillana.

9. *Diario Oficial de la Federación*. (febrero 19, 2018). NOM-044-SEMARNAT-2017. octubre

14, 2020, de Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Sitio web:

[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5513626&fecha=19/02/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513626&fecha=19/02/2018)

10. *PRODUCTION STATISTICS* (2019). octubre 15,2020, *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers* Sitio web: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/>

11. Miranda, Arturo Vicencio. (2007). *La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas*. *Contaduría y administración*, (221), 209-246. Recuperado en 11 de octubre de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-10422007000100010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422007000100010&lng=es&tlng=es).

12. *Secretaría de Economía*. (2014). *Industria Automotriz*. octubre 18, 2020, de *PROMEXICO* Sitio web: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75545/150213\\_DS\\_Automotriz\\_ESP.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75545/150213_DS_Automotriz_ESP.pdf)

13. *Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Ciudad de México*. (2017). *La industria automotriz en México*. octubre 18, 2020, de *Instituto Español de Comercio Exterior* Sitio web: <https://www.icex.es/icex/GetDocumento?dDocName=DOC2019818625&urlNoAcceso=/icex/es/registro/iniciar-sesion/index.html?urlDestino=https://www.icex.es:443/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/estudios-de-mercados-y-otros-documentos-de-comercio-exterior/DOC2019818625.html&site=icexES>

14. Mayori Alejandro M. Alejandro M. (2013). *Resistencia de Materiales Aplicada*. La Paz, Bolivia

15. Macias A.. (2019). *Calculo e interpretación del factor de seguridad*. abril 21, 2021, de *Intelligy* Sitio web: <https://intelligy.com/blog/2019/05/07/calculo-e-interpretacion-del-factor-de-seguridad/#:~:text=Para%20asegurar%20esto%2C%20dise%C3%BIadores%20del,para%20problemas%20de%20análisis%20estático>

16. Aranda C. (2016). *capitulo 3 propiedades del nylamid xl verde*. enero 24, 2021, de DOCPLAYER Sitio web: <https://docplayer.es/15013958-Capitulo-3-propiedades-del-nylamid-xl-verde.html>

## **REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS**

Stieler, R. (1881). *Ilustración de la Revolución Industrial*. Recuperado de <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/history/130-years-of-basf-in-china/how-it-all-began/in-the-beginning-were-the-dyes.html>

<https://www.granthornton.mx/globalassets/1.-member-firms/mexico/pdf/boletin-de-economia-febrero-2020-v.1.pdf>

<https://mapchart.net/mexico.html>

<https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/toyota-inaugura-su-nueva-planta-en-guanajuato>

<https://www.google.com.mx/amp/s/amp.elfinanciero.com.mx/bajio/man-truck-bus-abre-nueva-linea-de-montaje-en-queretaro>

<https://www.google.com.mx/amp/s/amp.elfinanciero.com.mx/bajio/bmw-inaugura-hoy-su-planta-en-san-luis-potosi>

<https://www.google.com.mx/amp/s/www.eleconomista.com.mx/amp/estados/Abre-Kia-Motors-planta-en-NL-con-7000-empleados-20160908-0016.html>

<https://www.google.com.mx/amp/s/www.motorpasion.com.mx/infiniti/aguascalientes-producira-autos-infiniti-en-el-2017-y-mercedes-benz-en-el-2018/amp>

<https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>

[https://rodas5.us.es/file/9e078194-9c0c-34a2-b657-0fd5c59d6a2f/2/practica\\_1\\_scorm.zip/images/pic001.gif](https://rodas5.us.es/file/9e078194-9c0c-34a2-b657-0fd5c59d6a2f/2/practica_1_scorm.zip/images/pic001.gif)

<https://www.sherwin-williams.com.mx/producto/acabado-epoxico/>

<https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-solid-works-y-para-que-sirve/>

<https://solid-bi.es/solidworks/>

<https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-3d-cad>

[https://smc-static-resources-prd.s3.eu-central-1.amazonaws.com/products/datasheet/gen/DS\\_C96SDB32-30C\\_es\\_ES.pdf](https://smc-static-resources-prd.s3.eu-central-1.amazonaws.com/products/datasheet/gen/DS_C96SDB32-30C_es_ES.pdf)

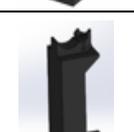
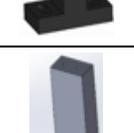
[https://static.smc.eu/pdf/MHL2\\_ES.pdf](https://static.smc.eu/pdf/MHL2_ES.pdf)

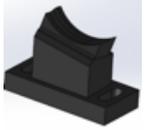
[https://static.smc.eu/pdf/MK-A\\_ES.pdf](https://static.smc.eu/pdf/MK-A_ES.pdf)

# ANEXO 1

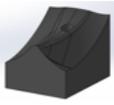
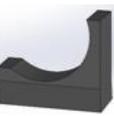
## Análisis estáticos

Tabla 3.3: Mesa escapes

LISTADO DE PIEZAS MESA ESCAPES											
	ITEM	NOMBRE	MATERIAL	AYUDA VISUAL	TIPO Y MEDIDA DE TORNILLO	PESO	FUERZA APLICADA	DESPLAZAMIENTO	LIMITE ELÁSTICO	TENSION de von Mises MÁXIMA	FACTOR DE SEGURIDAD
E S C A P E  C O R T O	1	Soporte 1 dosificadora	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	764.17 g	150 N	0.020 mm/0.002 mm	86.102 MPa	8.773 MPa/0.162 MPa	9.815/531.49
	2	Soporte 2 dosificadora	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	742.7 g	150 N	0.003 mm/0.000 mm	86.102 MPa	2.149 MPa/0.151 MPa	40.068/570.211
	3	Soporte 3 dosificadora	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	766.33 g	150 N	0.020 mm/0.002 mm	86.102 MPa	8.796 MPa/0.176 MPa	9.788/489.526
	4	Pokayoke dosificadora	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	202.57 g	85 N	0.022 mm	86.102 MPa	0.807 MPa	106.708
	8	Apoyo piston 3	Aluminio 6061 (T6)		(4) M8 x 50 mm	1815.49 g	550 N	0.160mm	275 MPa	56.255 MPa	4.888
	9	Base piston 3	Aluminio 6061 (T6)		(2) M6 x30mm, (2) M6 x 25 mm cabeza plana y (2) M8 x 20 mm cabeza plana	702.18 g	450 N	0.492 mm	275 MPa	99.200 MPa	2.772
	10	Bse gripper	Aluminio 6061 (T6)		(2) M8 x 50 mm y (2) M5	515.82 g	60 N	0.028 mm	275 MPa	7.755 MPa	35.459

E S C A P E  L A R G O	1	Soporte 2 escape	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	615.69 g	150 N	0.002 mm	86.102 MPa	0.290 Mpa	296.515
	2	Soporte 1 escape	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	502.6 g	150 N	0.002 mm	86.102 MPa	0.294 MPa	292.559
	4	Soporte 4 escape	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	119.94 g	100 N	0.006 mm	86.102 MPa	0.609 Mpa	141.48
	5	Base de sensor 3	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	371.19 g	85 N	0.098mm	86.102 MPa	2.318MPa	37.144
	6	Soporte 3 escape	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	482.18 g	100 N	0.064 mm	86.102 MPa	1.168 MPa	73.704
	7	Base de sensor	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	372.85 g	85 N	0.324 mm	86.102 MPa	2.789MPa	30.871
	8	Pokayoke sensor	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	331.14 g	85 N	0.347mm	86.102 MPa	3.014 Mpa	28.567
	9	Base piston 1	Aluminio 6061 (T6)		(4) M10 x 30 mm Y (2) M6 x 30 mm y (2) M6 x 25 cabeza plana	1194.2 g	500 N	0.020 mm	275 MPa	26.760 MPa	10.276
	11	Apoyo piston 2	Aluminio 6061 (T6)		(4) M8 x 50 mm	1392.95 g	550 N	0.057 mm	275 MPa	24.026 MPa	11.446
	12	Base piston 2	Aluminio 6061 (T6)		(2) M6 x30mm, (2) M6 x 25 mm cabeza plana y (2) M8 x 20 mm cabeza plana	599.8 g	450 N	0.362 mm	275 MPa	78.204 MPa	3.516

**Tabla 3.4: Mesa tubería de presión.**

LISTADO DE PIEZAS MESA TUBERIA DE PRESIÓN											
	ITEM	NOMBRE	MATERIAL	AYUDA VISUAL	TIPO Y MEDIDA DE TORNILLO	PESO	FUERZA APLICADA	DESPLAZAMIENTO	LIMITE ELÁSTICO	TENSION von Mises MAXIMA	FACTOR DE SEGURIDAD
T U B E R I A  D E  P R E S I O N	1	BASE GRIPPER 1	Aluminio 6061 (T6)		(4) M8 x 50 mm	1856.92 g	60 N	0.023 mm	275 MPa	5.613 MPa	48.993
	2	BASE GRIPPER 2	Aluminio 6061 (T6)		(4) M8 x 50 mm	2368.39 g	60 N	0.025 mm	275 MPa	3.229 MPa	85.165
	3	BASE GRIPPER 3	Aluminio 6061 (T6)		(2) M8 x 50 mm	495.76 g	60 N	0.009 mm	275 MPa	2.331 MPa	117.975
	4	BASE PISTON LINEAL	Aluminio 6061 (T6)		(4) M10 x 30 mm	1065.44 g	500 N	0.012 mm	275 MPa	20.345 MPa	13.516
	5	SOPORTE POKAYOKE SENSOR 1	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	213.06 g	85 N	0.209 mm	86.102 MPa	2.237 MPa	38.486
	6	SOPORTE POKAYOKE SENSOR 2	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	465.32 g	85 N	0.287 mm	86.102 MPa	2.355 MPa	36.569
	7	SOPORTE POKAYOKE SENSOR 3	Nylamid		(2) M8 x 50 mm	141.78 g	85 N	0.143 mm	86.102 MPa	2.701 MPa	31.872
	8	BASE 1	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	713.66 g	150 N	0.003 mm	86.102 MPa	0.201 MPa	428.199
	9	BASE 2	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	663.79 g	150 N	0.017 mm	86.102 MPa	0.272 MPa	316.76
	10	BASE 3	Nylamid		(4) M10 x 30 mm	520.23 g	150 N	0.034 mm	86.102 MPa	0.561 MPa	153.455

## ANEXO 2

### Especificaciones técnicas de los actuadores neumáticos

#### Pistón lineal, modelo (CP96SDB32-30C):

Imán	D (incorporado)
Montaje	B (Básico)
Diámetro	Ø32 mm
Carrera	30
Fuelle del vástago	Sin fuelle del vástago
Vástago	Vástago simple
Detector magnético	Sin detector
Cable o conector precableado	0.5m [O ninguno en caso de no haber detector magnético]
Número	2 uns. [o ninguna en caso de no haber detector]
Opciones de extremo de vástago	Ninguno
Resistencia a temperatura	Ninguno
Rascador reforzado	Ninguno
Tirante	Ninguno
Junta de goma fluorada	Ninguno
Rascador metálico	Ninguno
Fabricado en acero inoxidable (-XC68)	Ninguno
Fabricado en acero inoxidable (-XC65)	Ninguno
Fluido	Aire comprimido
Temperatura máxima del fluido con detección	60 °C
Temperatura mínima del fluido con detección	-10 °C (no freezing)
Maximum operating pressure	1.0 MPa
F007-MIN_OP_PRESSURE	0.05 MPa
Proof pressure	1.5 MPa
Temperatura ambiente máxima con detección	60 °C
Temperatura ambiente mín. con detector magnético	-10 °C (no freezing)
Número de conexiones neumáticas	2 uds.
Pneumatic input connection	G 1/8
Conexión de salida neumática	G 1/8
Modo de funcionamiento del accionamiento	Doble efecto
Theoretical cylinder force, advance stroke (at 0.5 MPa)	402 N
Theoretical cylinder force, return stroke (at 0.5 MPa)	346 N
Maximum piston speed	1,000 mm/s
Tipo de amortiguación	Amortiguación neumática en ambos extremos + Amortiguación elástica
Piston rod end	Rosca macho
Forma geométrica del émbolo	Vástago simple
Male thread of rod end	M10 x 1.25
Minimum piston speed	50 mm/s
Peso	0.496 Kg

**Gripper, modelo (MHL2-16D):**

Diámetro (mm)	10	16	20	25	32	40
Fluido	Aire comprimido filtrado					
Funcionamiento	Doble efecto					
Presión de trabajo (MPa)	0.15 a 0.6	0.1 a 0.6				
Temperatura ambiente y de fluido	-10 a 60°C					
Repetitividad	±0.1					
Lubricación (Nota2)	No necesaria					
Fuerza efectiva de prensión (N) a 0.5MPa (1)	14	45	74	131	228	396

**Pistón giratorio, modelo (MKB32-30RZ):**

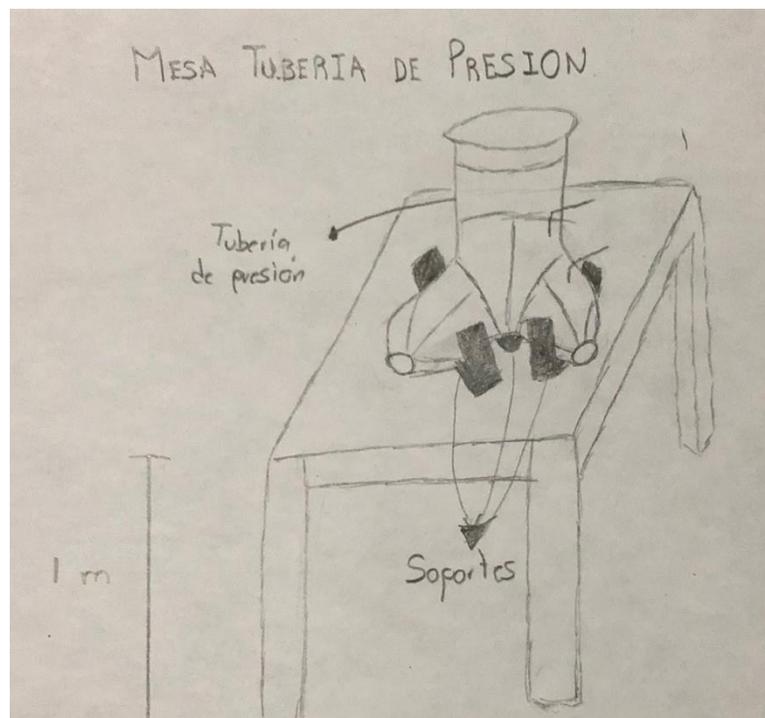
Unidad: N

Diámetro (mm)	Diámetro vástago (mm)	Sentido de movimiento	Área del émbolo (cm <sup>2</sup> )	Presión de trabajo (MPa)			
				0.3	0.5	0.7	1.0
12	6	ENTRADA	0.8	25	42	59	85
		SALIDA	1.1	34	57	79	113
16	8	ENTRADA	1.5	45	75	106	151
		SALIDA	2.0	60	101	141	201
20	12	ENTRADA	2.0	60	101	141	201
		SALIDA	3.1	94	157	220	314
25	12	ENTRADA	3.8	113	189	264	378
		SALIDA	4.9	147	245	344	491
32	16	ENTRADA	6.0	181	302	422	603
		SALIDA	8.0	241	402	563	804
40	16	ENTRADA	10.6	317	528	739	1056
		SALIDA	12.6	377	628	880	1257
50	20	ENTRADA	16.5	495	825	1155	1649
		SALIDA	19.6	589	982	1374	1963
63	20	ENTRADA	28.0	841	1402	—	—
		SALIDA	31.2	935	1559	—	—

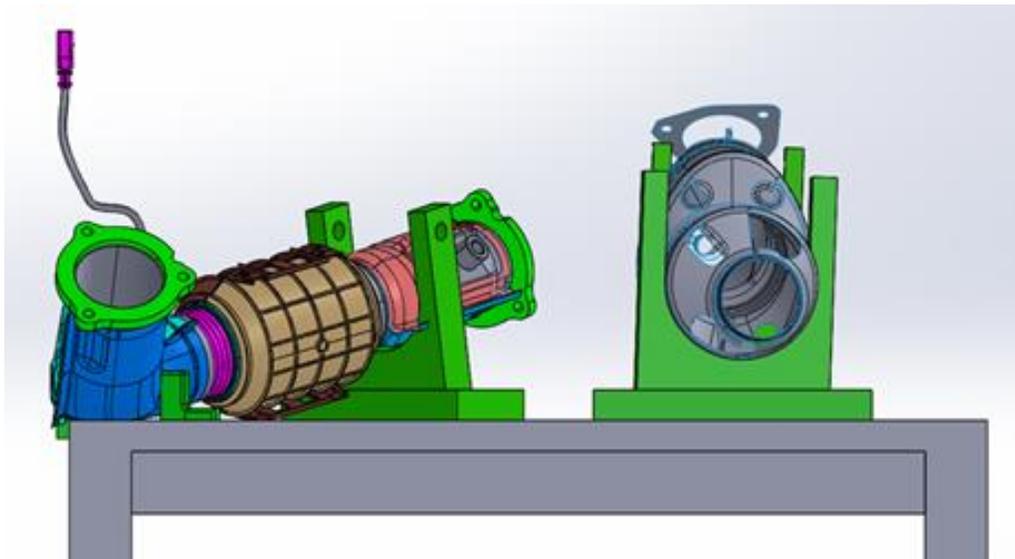
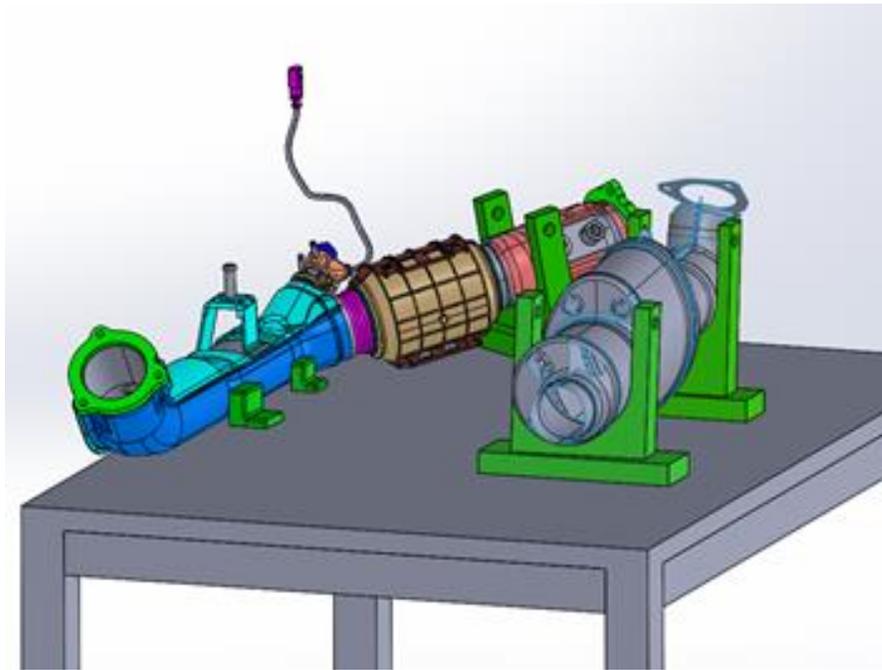
## ANEXO 3

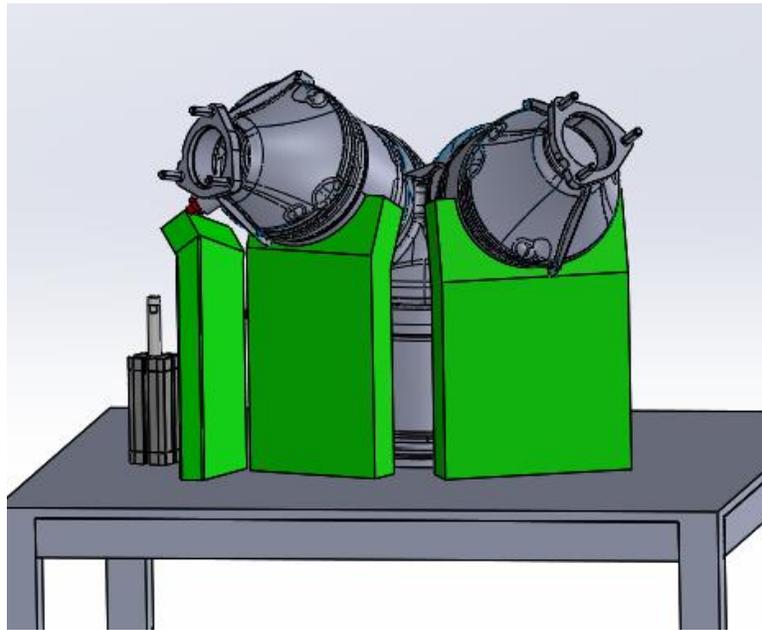
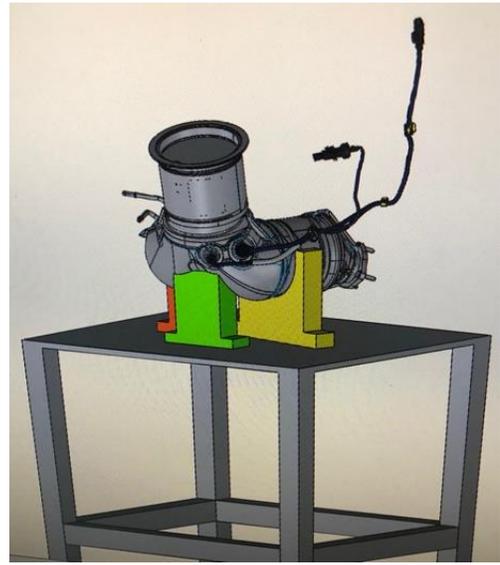
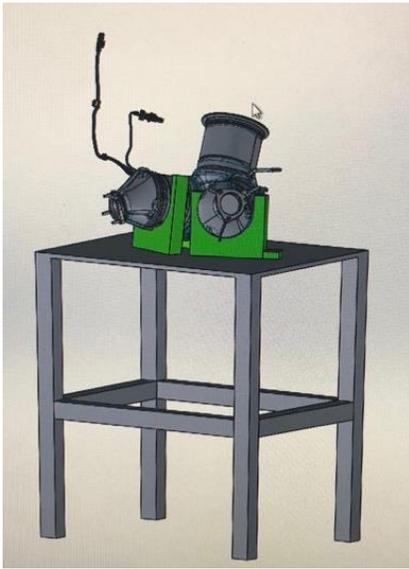
### Diseño conceptual, diseño detallado y fabricación

- Conceptualización

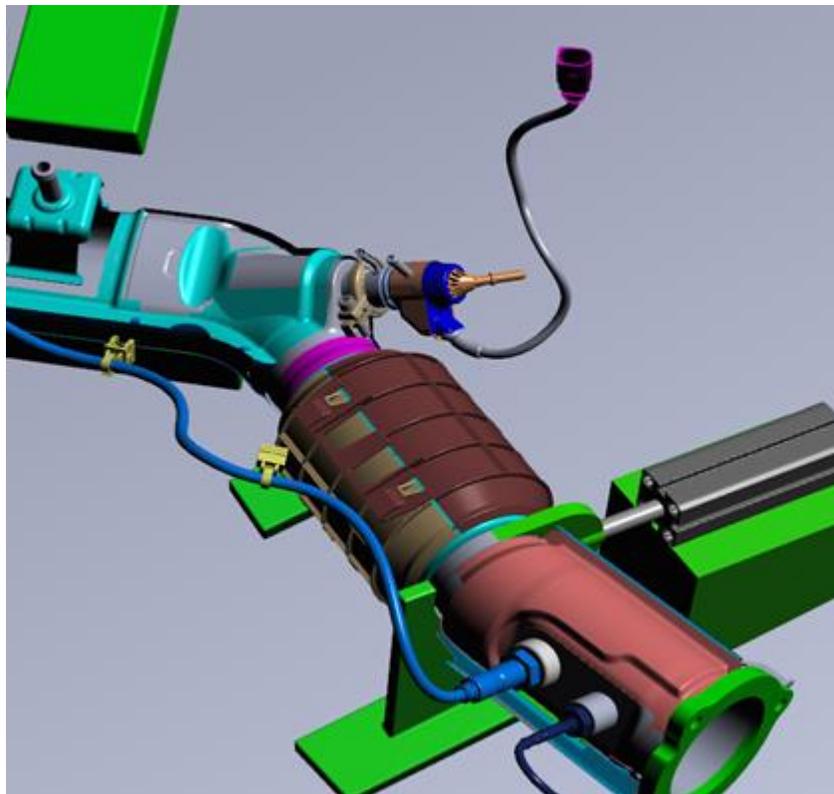
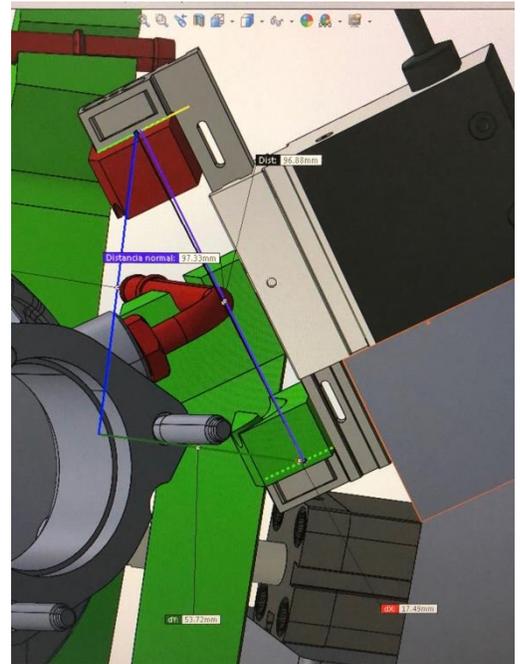
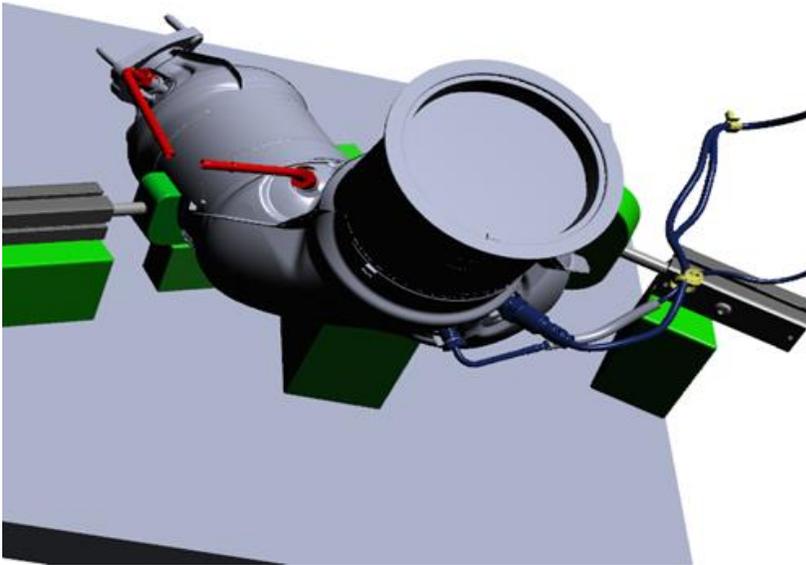


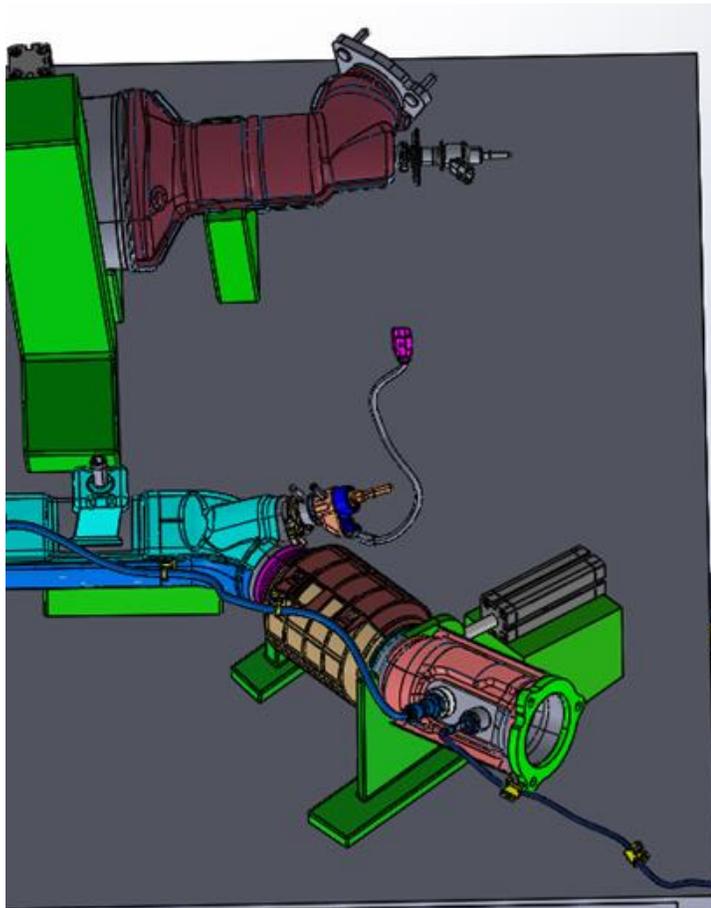
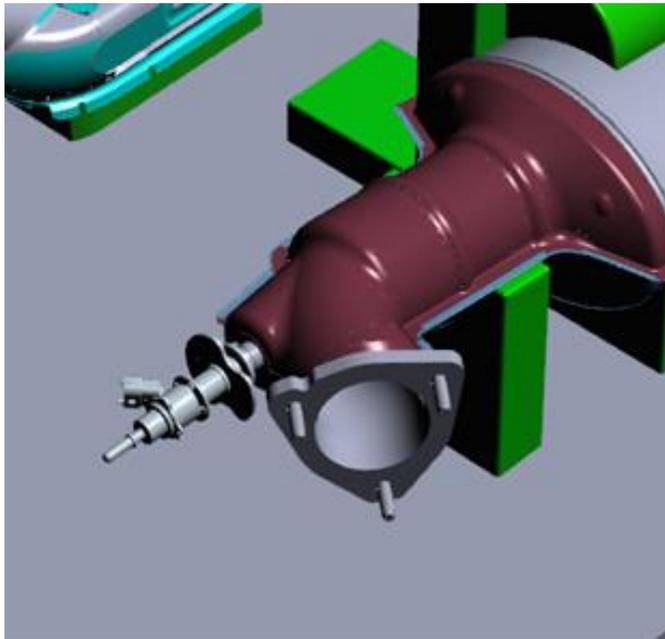
- **Primer Diseño**



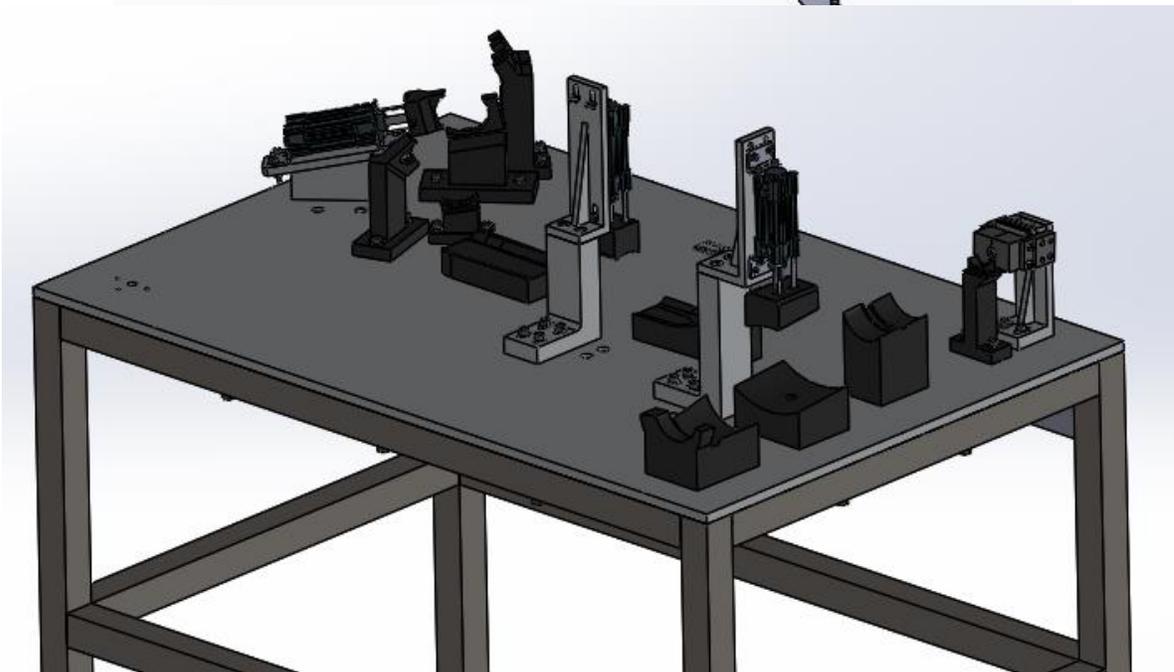
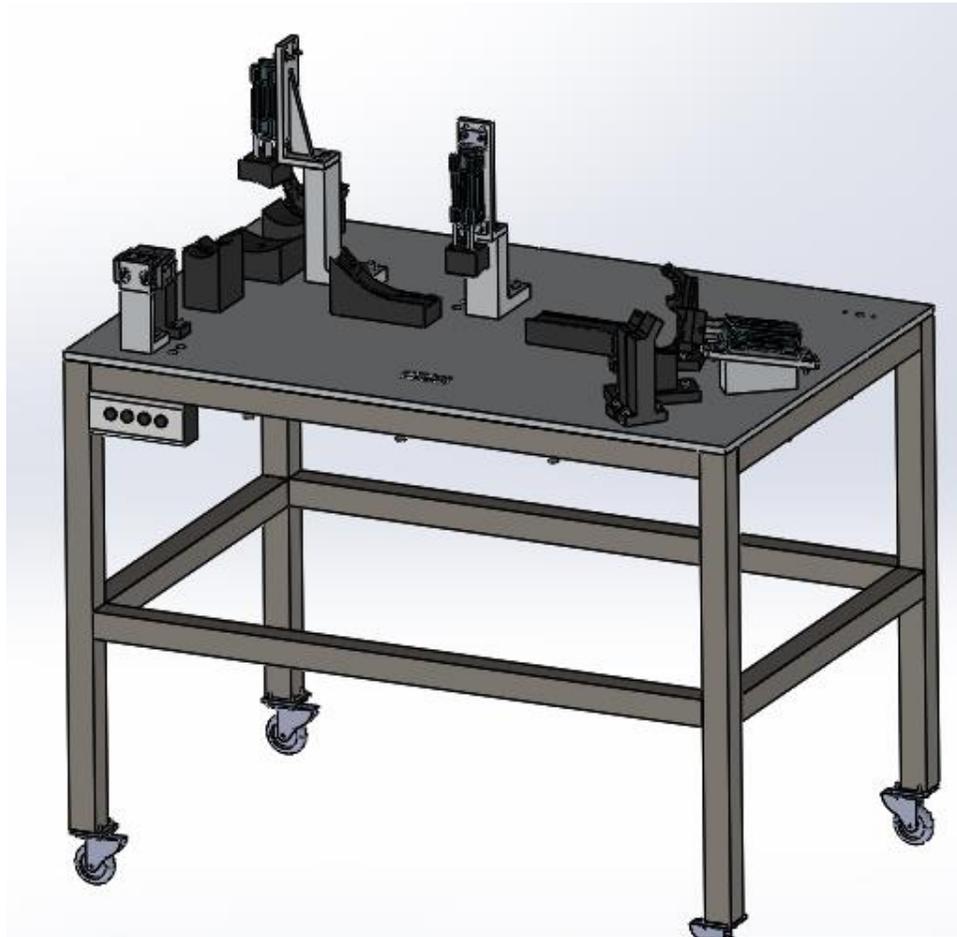


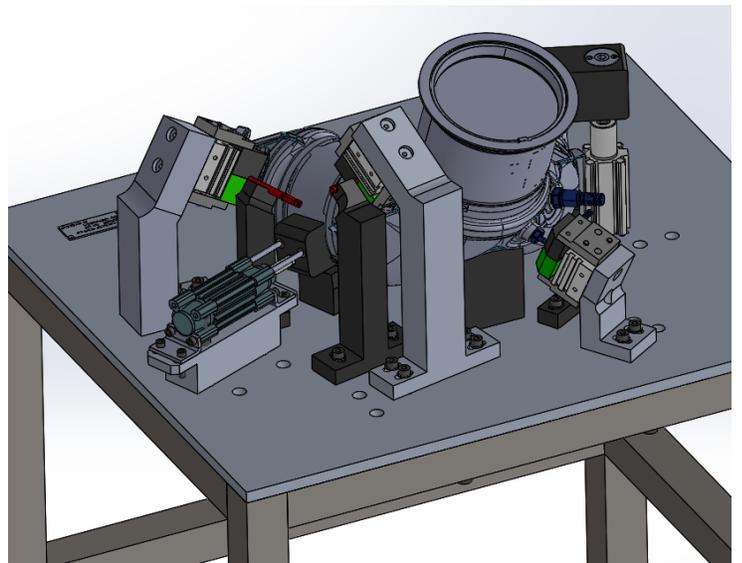
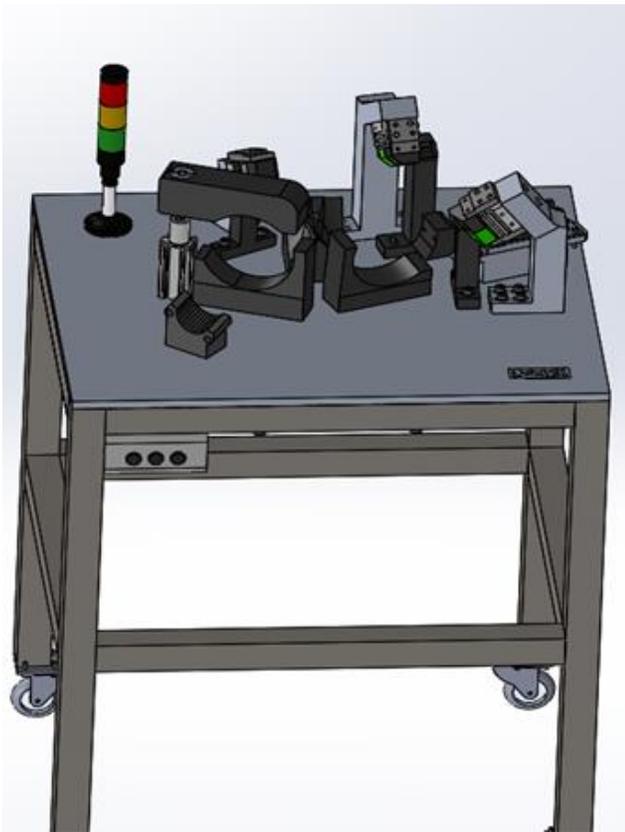
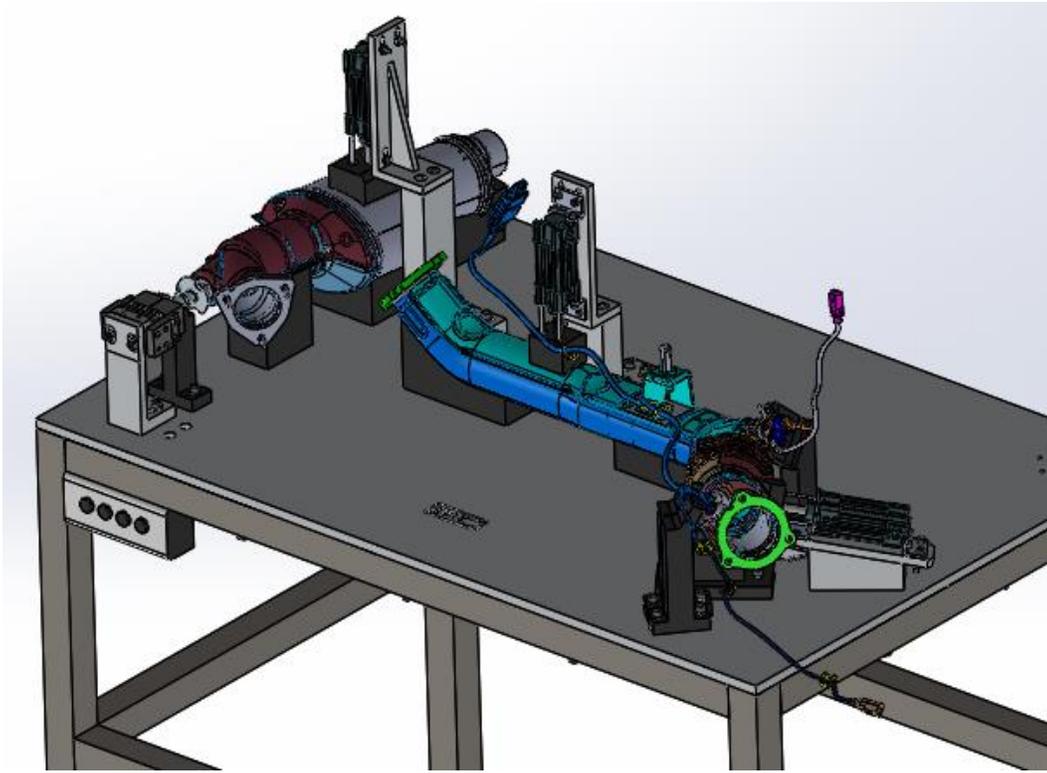
- **Segundo Diseño**



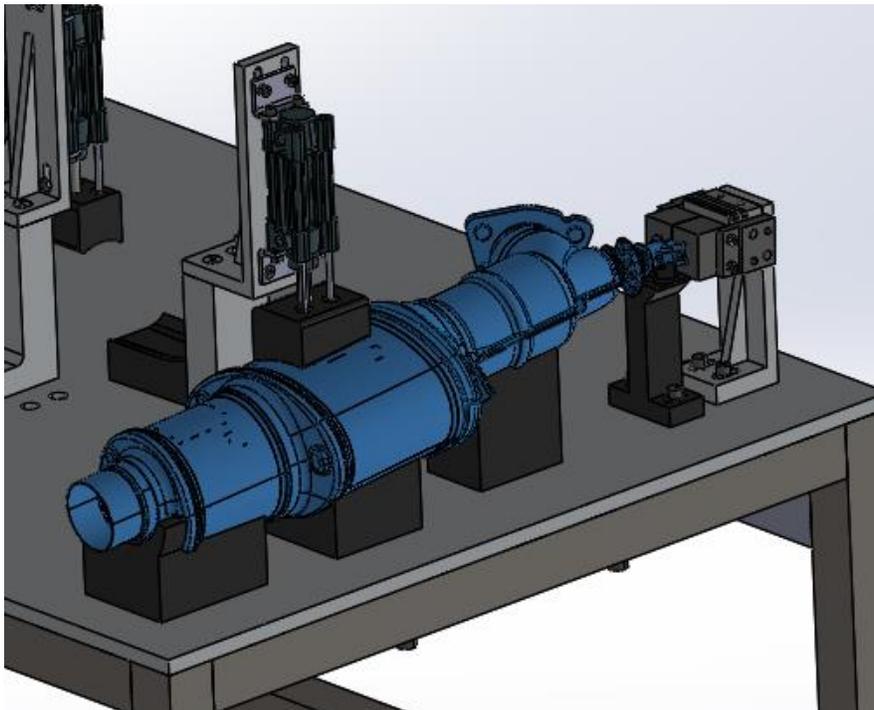
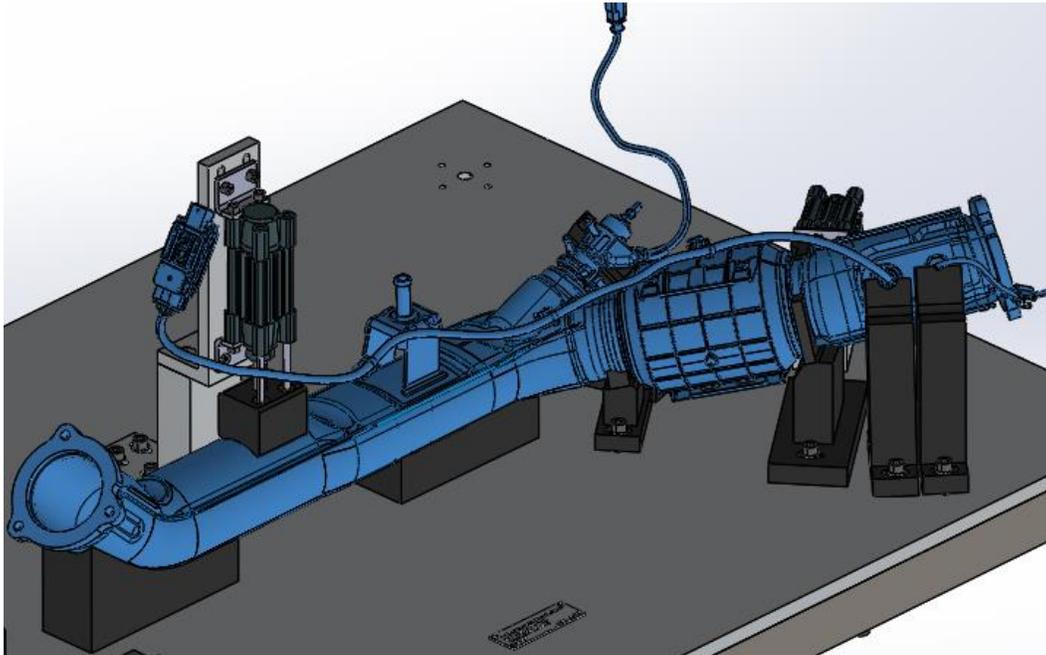


- **Tercer Diseño**

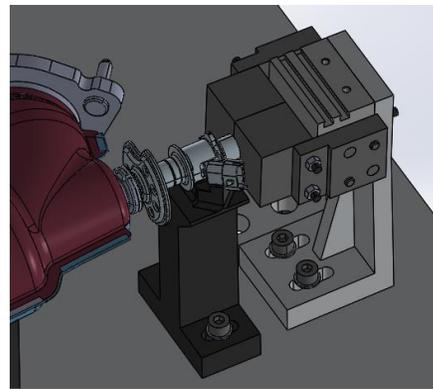
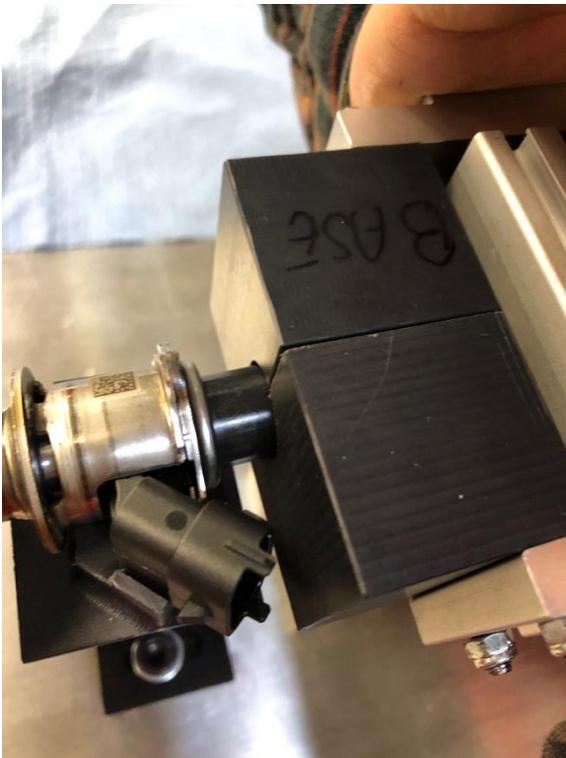
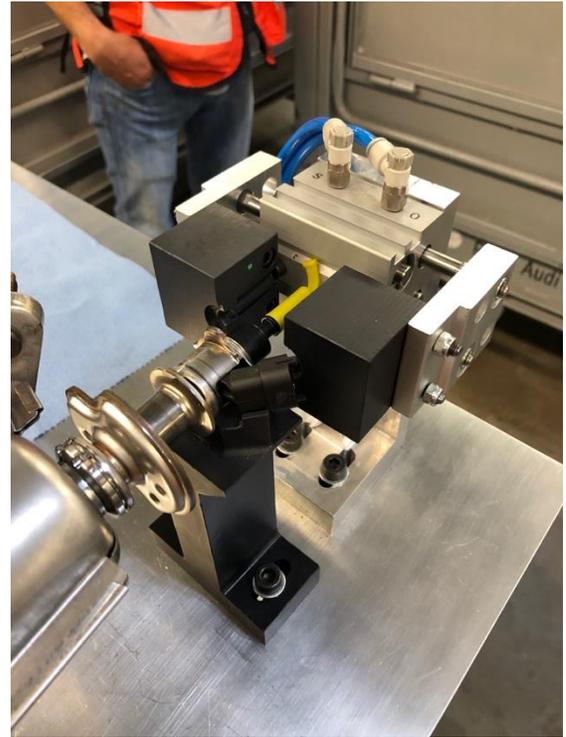
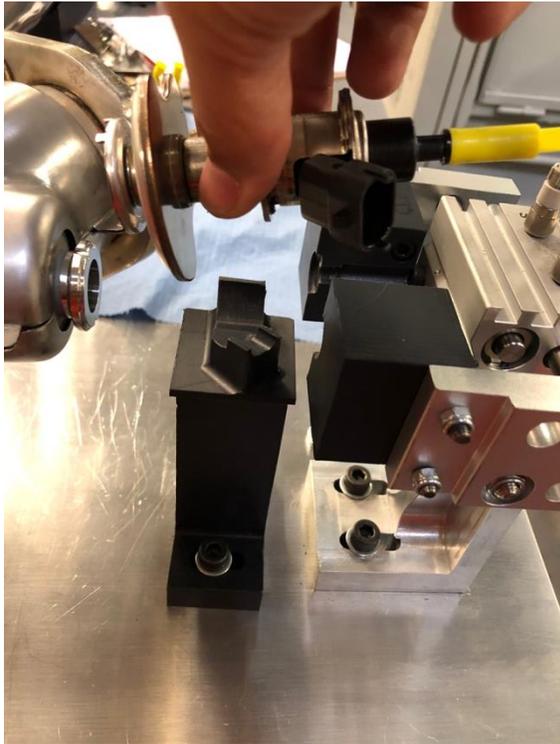




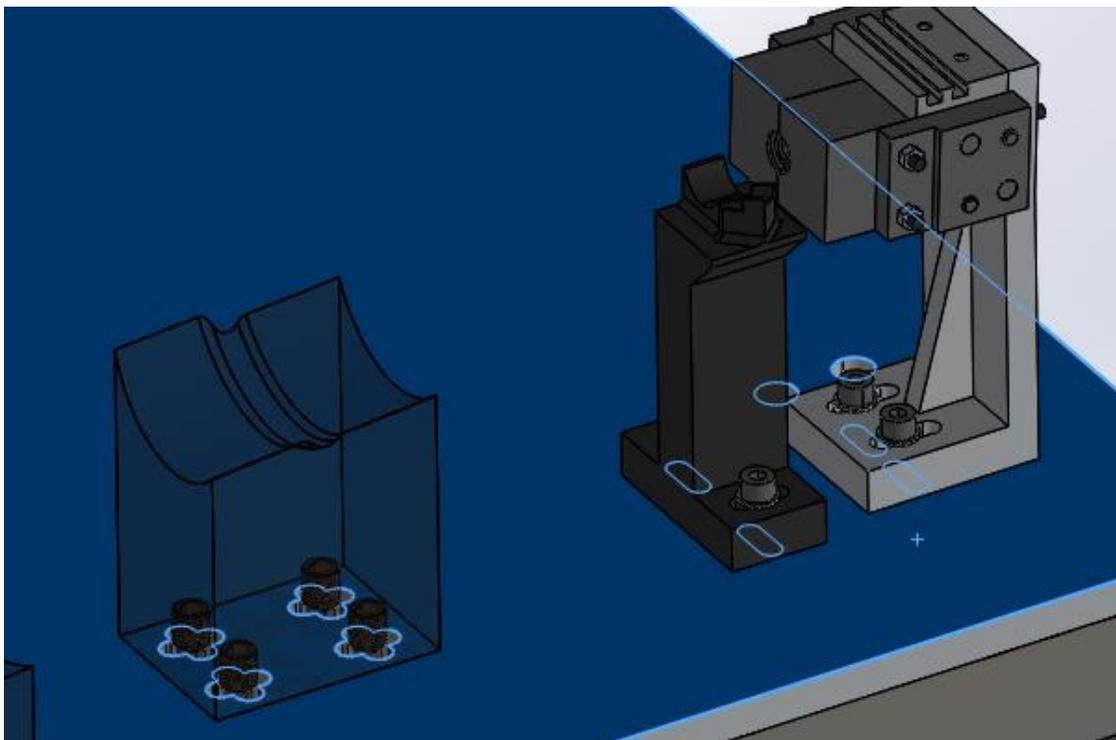
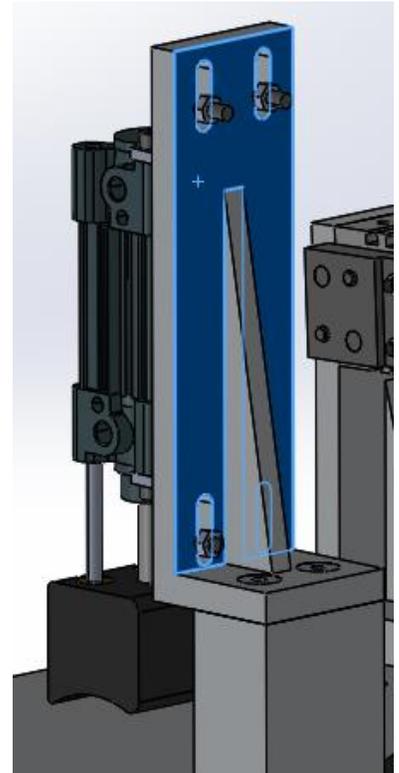
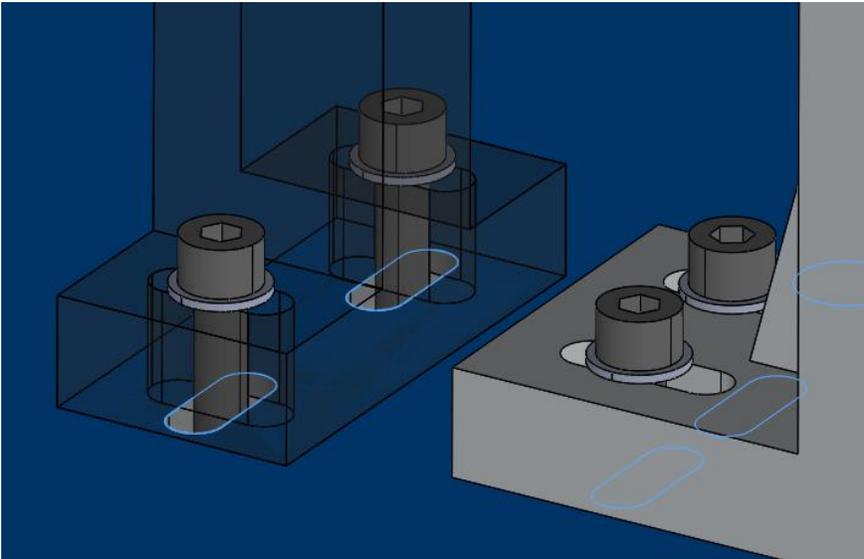
- Poka-yokes (escapes y tubería de presión)

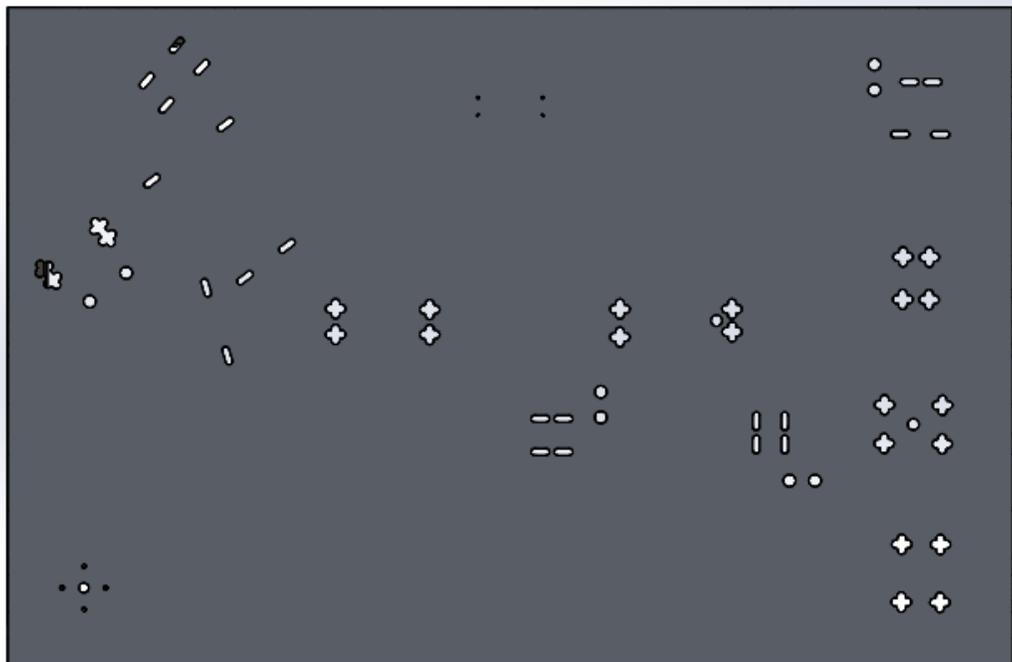
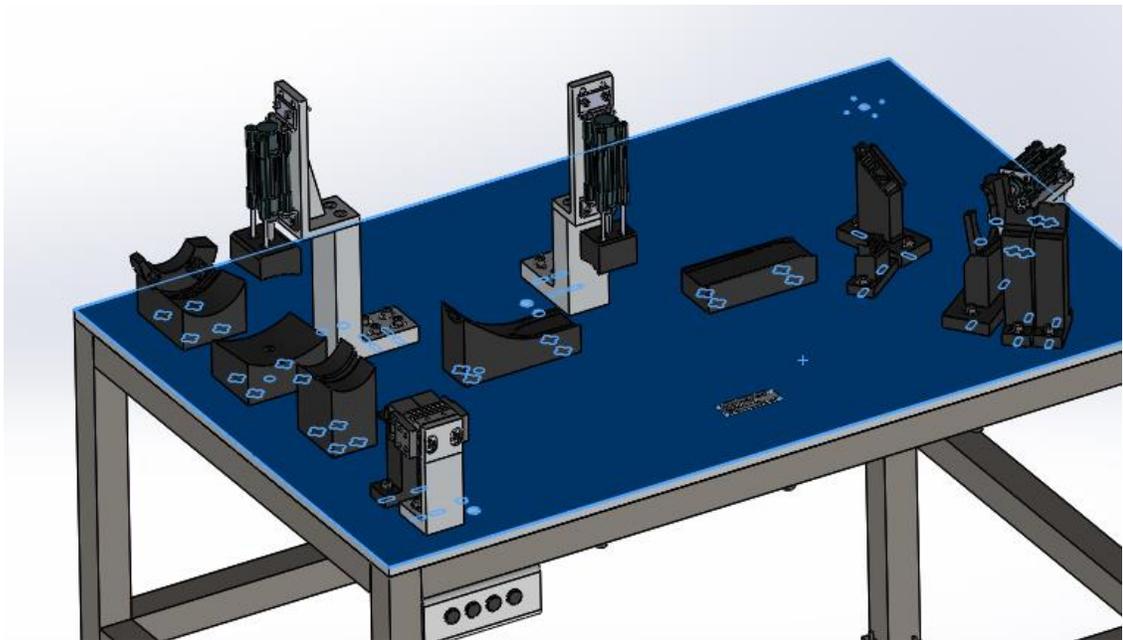


- **Poka-yokes (Válvulas dosificadoras y sensores)**

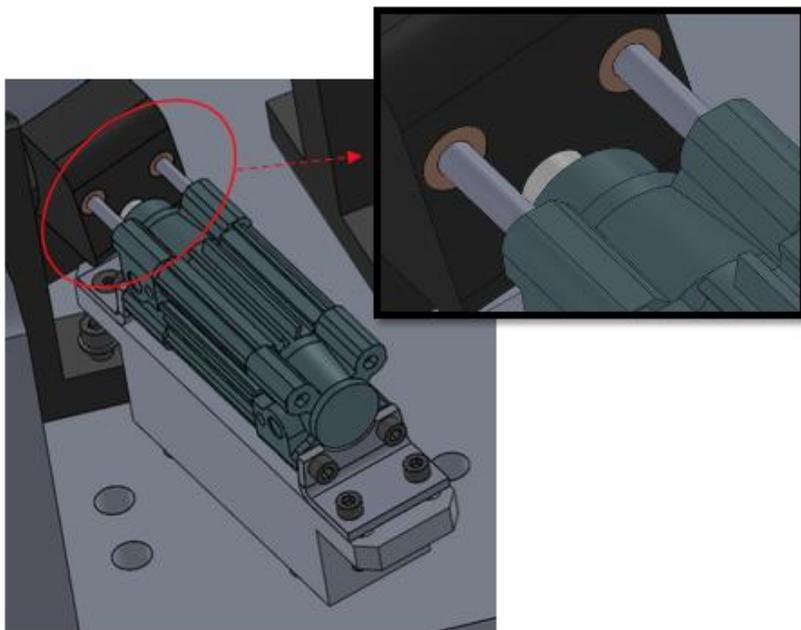
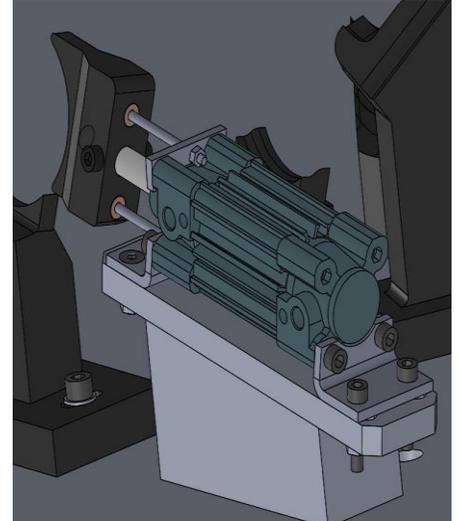
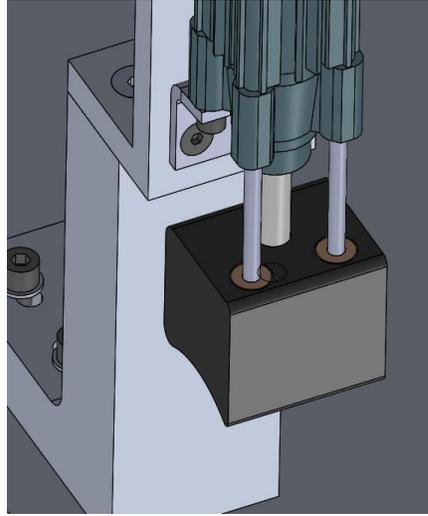
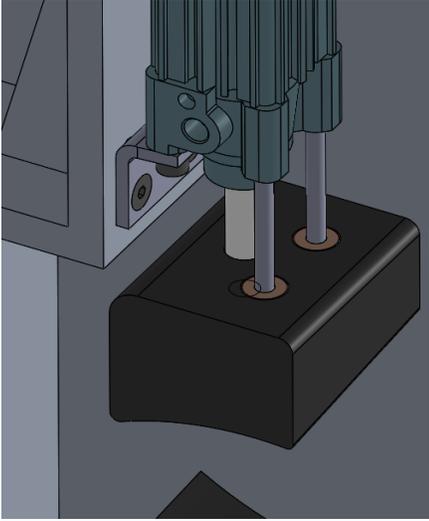


- **Ranuras:**

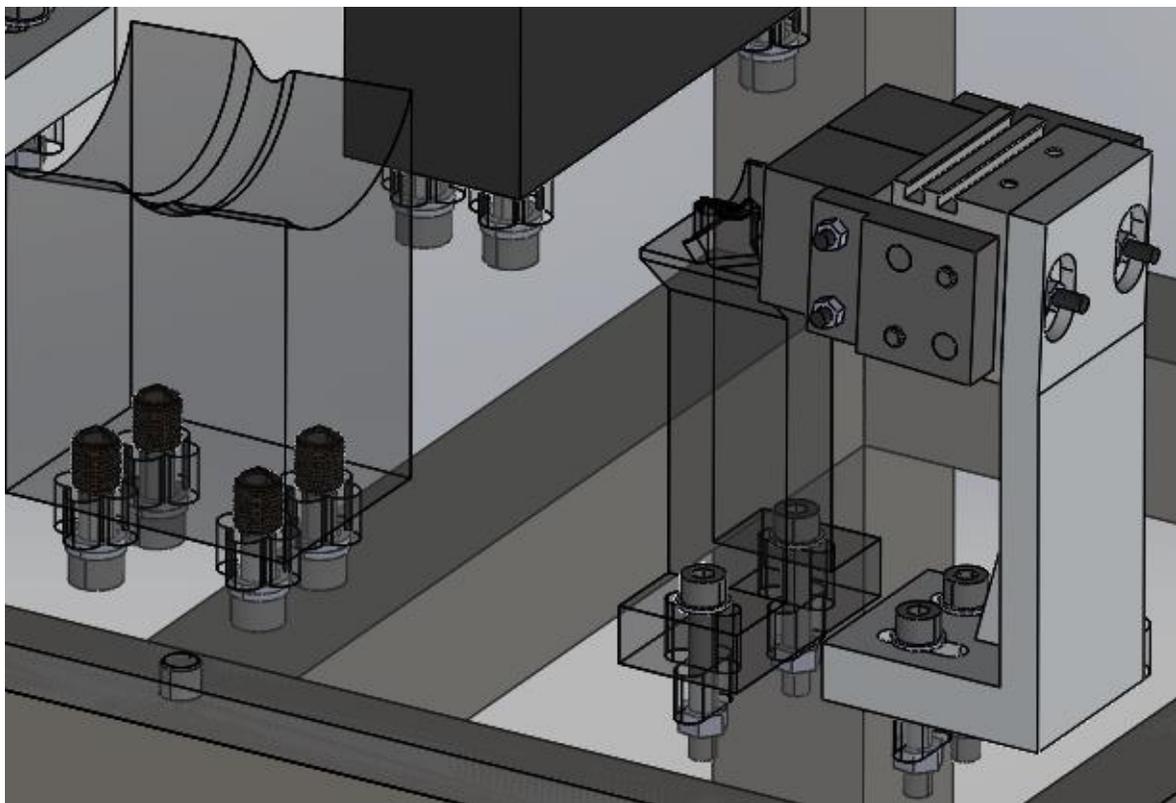
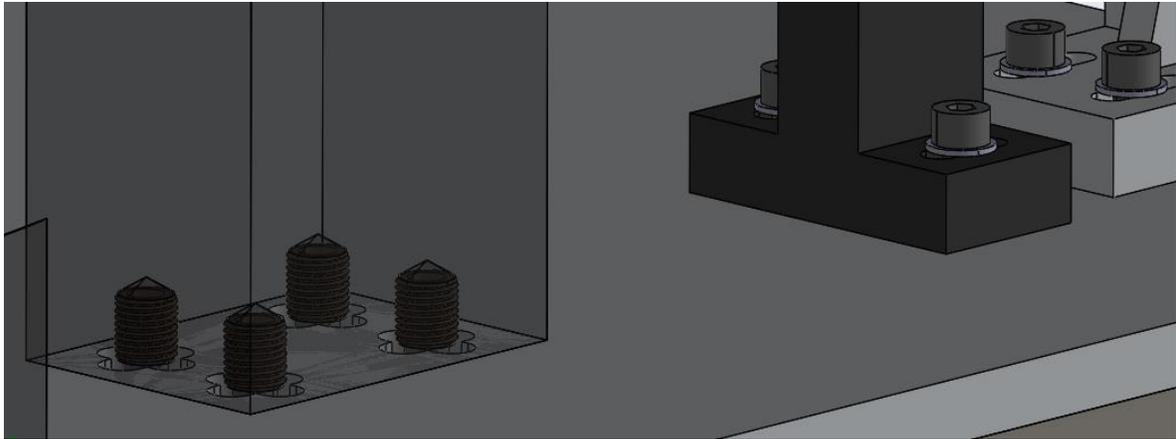




- **Pernos guías:**



- **Bujes de sujeción:**





### 3. Buje de bronce

ESCALA 2.4 : 1

ESCALA 2.4 : 1

ESCALA 2.4 : 1

CONTROL DE CAMBIOS			NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 1
REALIZO	DESCRIPCIÓN	FECHA	FECHA	DESCRIPCIÓN	

NOMBRE		REMA	FECHA	TOLERANCIAS PARA MEDIDAS EN ESPECIFICACIONES (1)		ACABADOS GENERALES (1)		ACOTACION: mm		MATERIAL: <b>Bronce 65</b>		DUREZA:	
DRUJ	M.A.M.A.		13/05/2020	Permitir de desviación para medidas nominales en especificación de tolerancia:		Permitir de desviación para medidas nominales en especificación de tolerancia:		Nº DE HERRAMIENTA		PIEZA: <b>4</b>			
VERP	M.A.M.A.		15/05/2020	± 0.3	± 0.4	± 0.5	± 0.10	± 0.40	± 1000	± 2000			
APROB	A.M.H.			± 0.1	± 0.15	± 0.20	± 0.05	± 0.20	± 1000	± 4000			
FABR	J.A.L.S.			± 0.05	± 0.15	± 0.25	± 0.4	± 0.7	± 1	± 2			
CALD	J.M.N.												

### 4. Perno guía

ESCALA 2.4 : 1

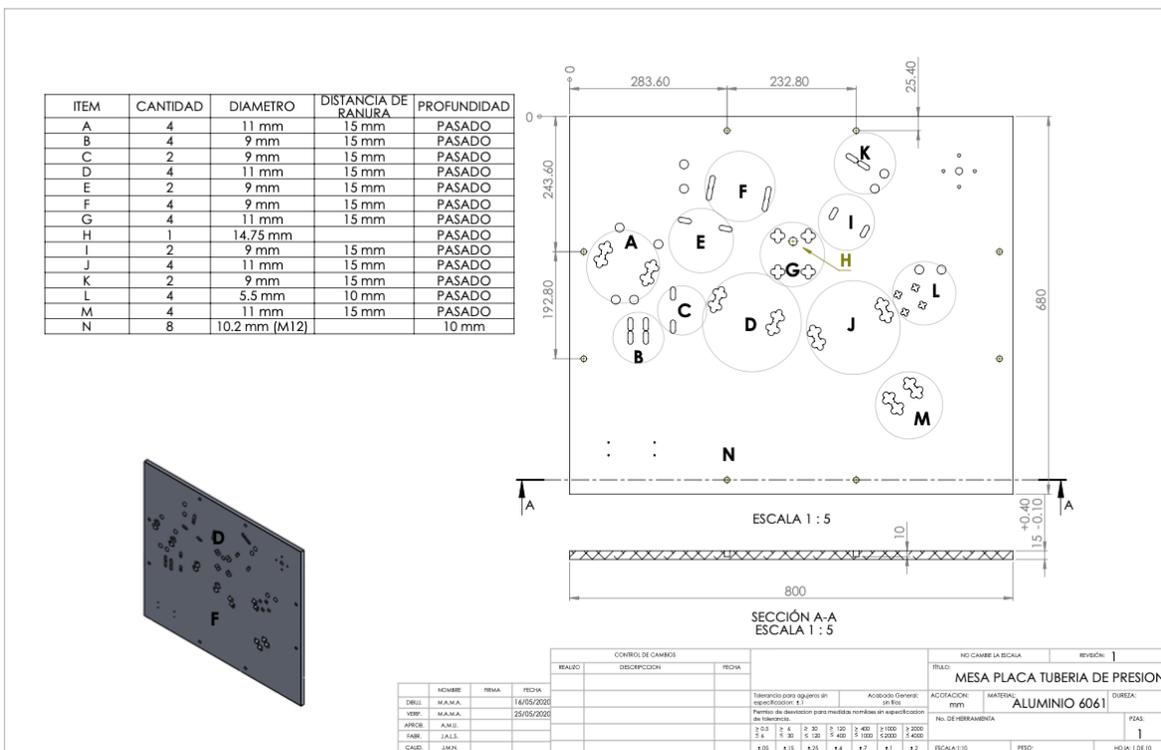
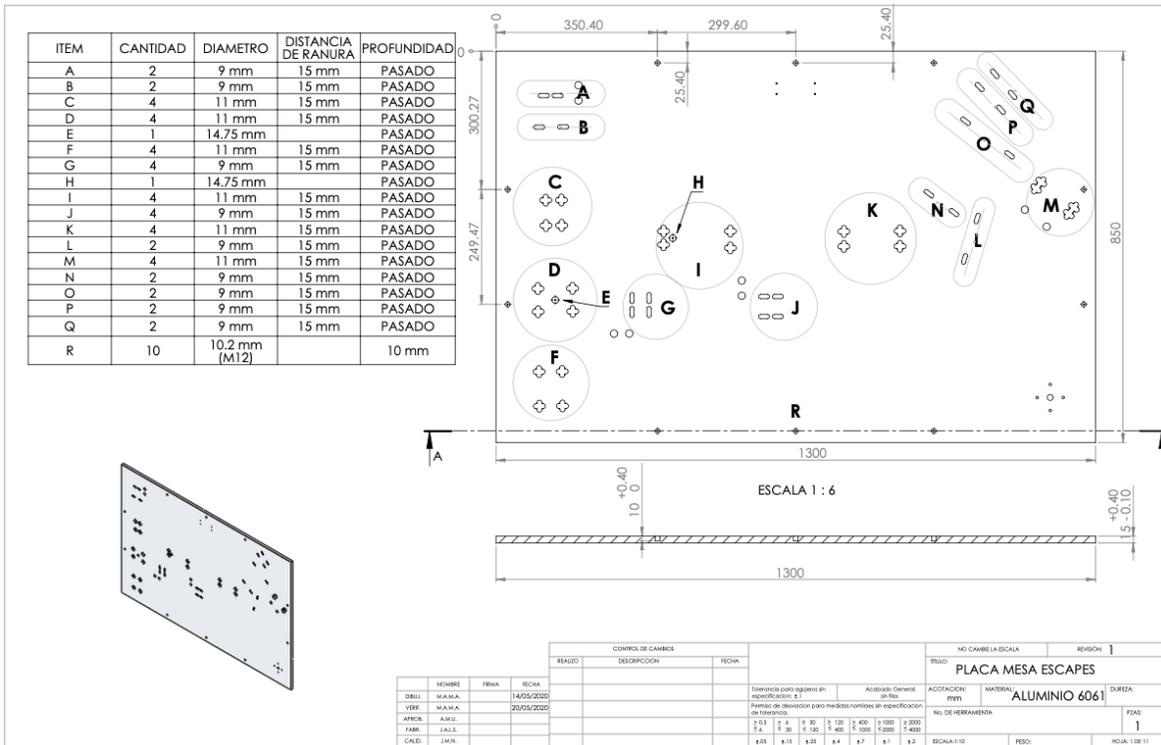
ESCALA 2.4 : 1

ESCALA 2.4 : 1

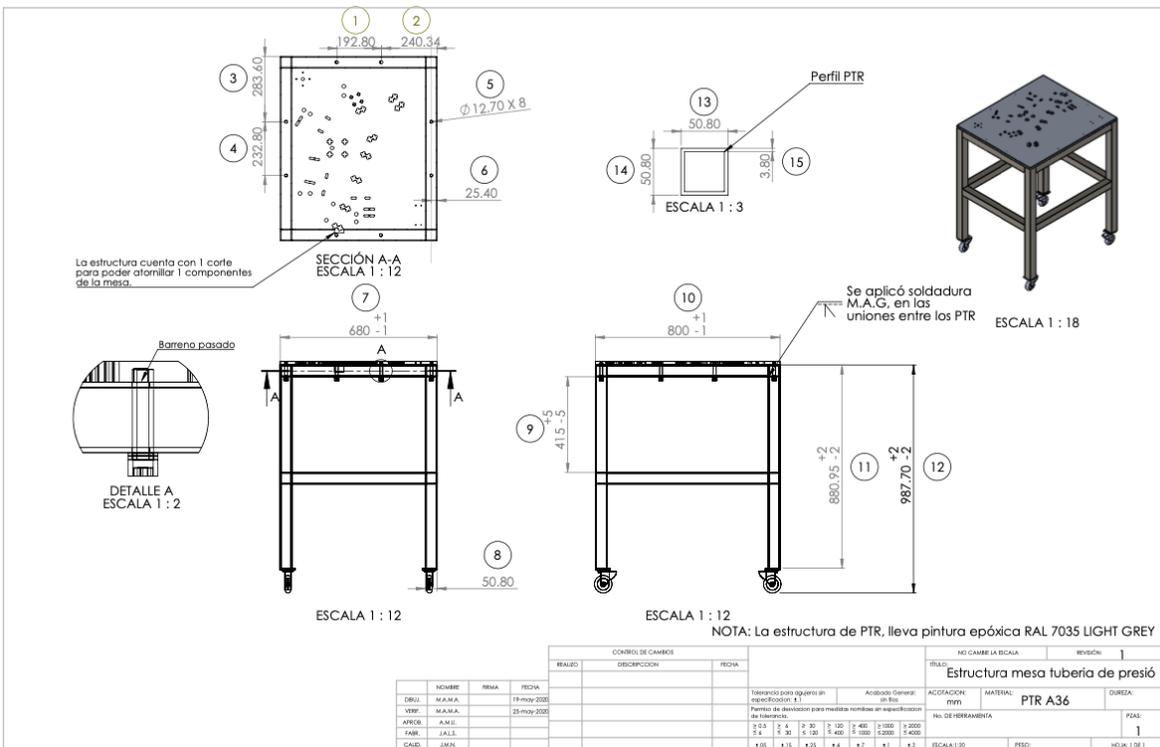
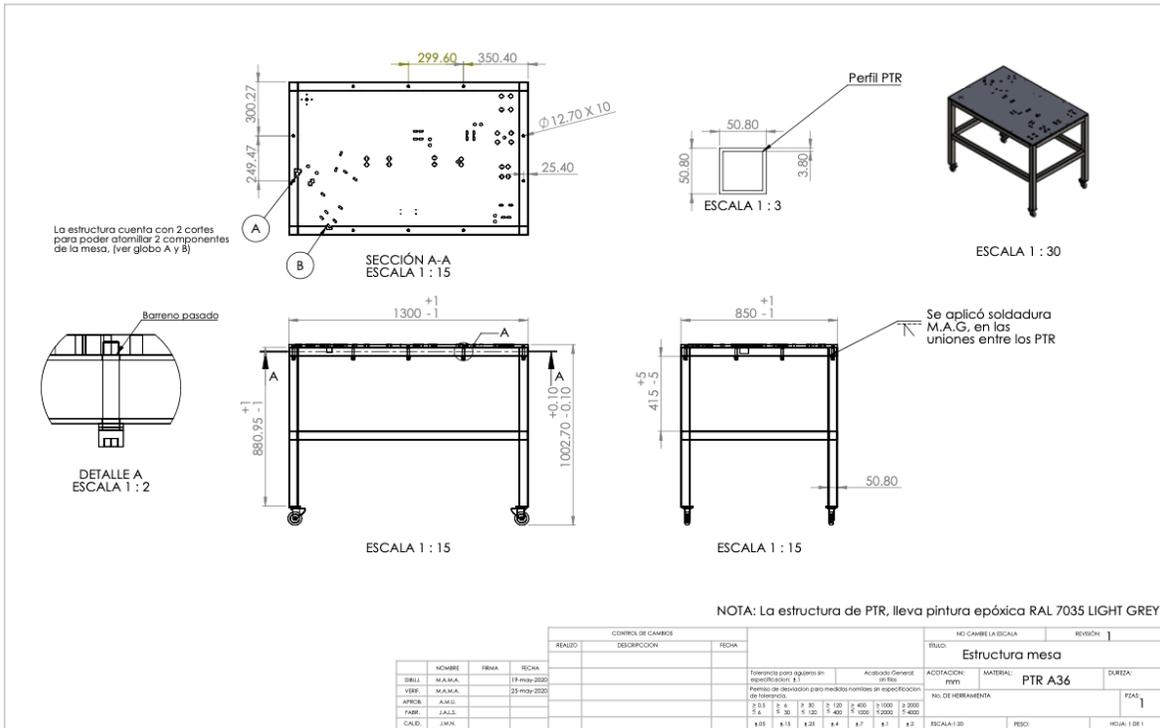
CONTROL DE CAMBIOS			NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 1
REALIZO	DESCRIPCIÓN	FECHA	FECHA	DESCRIPCIÓN	

NOMBRE		REMA	FECHA	TOLERANCIAS PARA MEDIDAS EN ESPECIFICACIONES (1)		ACABADOS GENERALES (1)		ACOTACION: mm		MATERIAL: <b>Acero 4140</b>		DUREZA:	
DRUJ	M.A.M.A.		13/05/2020	Permitir de desviación para medidas nominales en especificación de tolerancia:		Permitir de desviación para medidas nominales en especificación de tolerancia:		Nº DE HERRAMIENTA		PIEZA: <b>6</b>			
VERP	M.A.M.A.		15/05/2020	± 0.3	± 0.4	± 0.5	± 0.10	± 0.40	± 1000	± 2000			
APROB	A.M.H.			± 0.1	± 0.15	± 0.20	± 0.05	± 0.20	± 1000	± 4000			
FABR	J.A.L.S.			± 0.05	± 0.15	± 0.25	± 0.4	± 0.7	± 1	± 2			
CALD	J.M.N.												

### 5. Plano 2D, placas de la mesa.



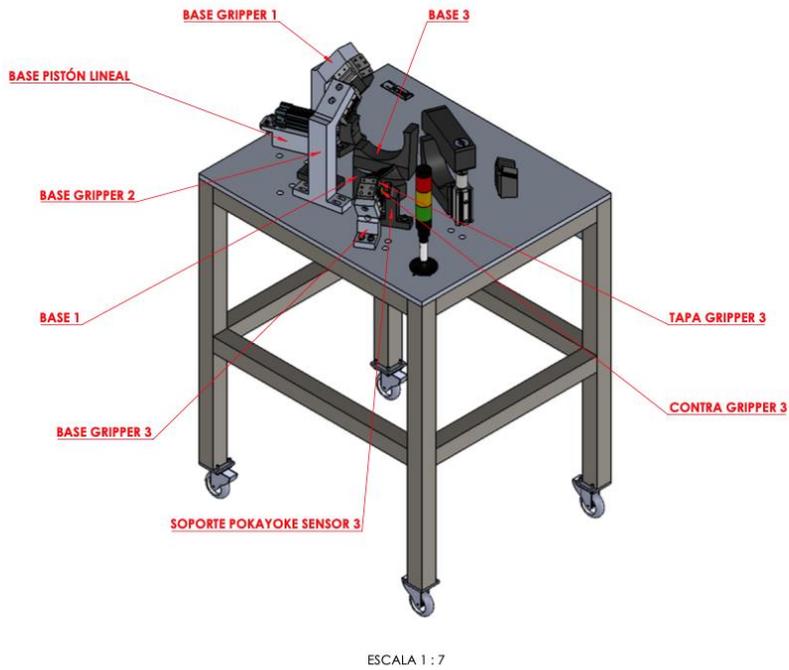
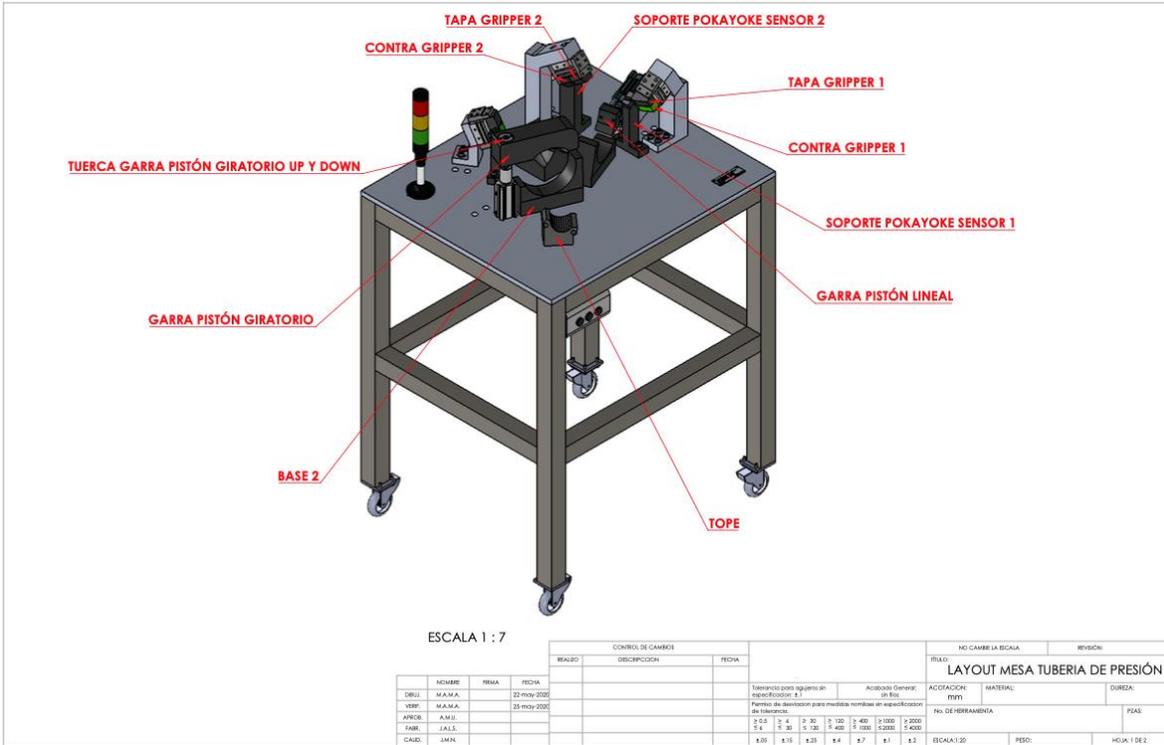
## 6. Plano 2D, estructura de la mesa con sus dimensiones.











# Fabricación

## 1. Manufactura:



## 2. Maquinado y rectificado de las placas:



### 3. Verificación de dimensiones de las piezas contra el plano 2D



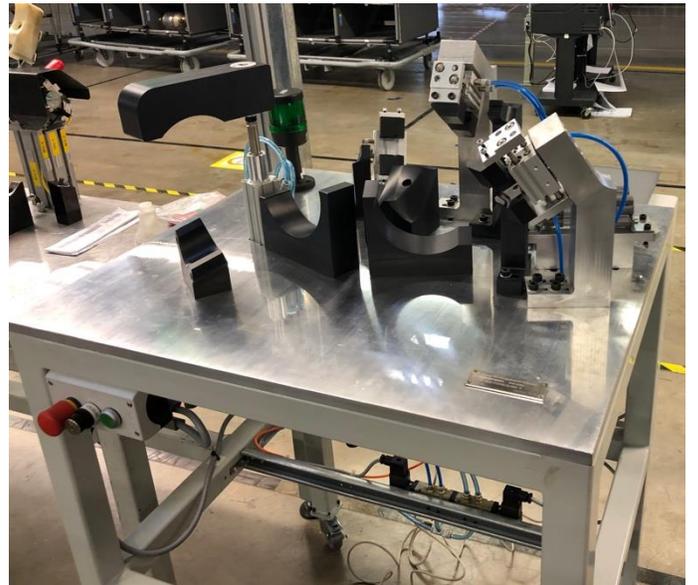
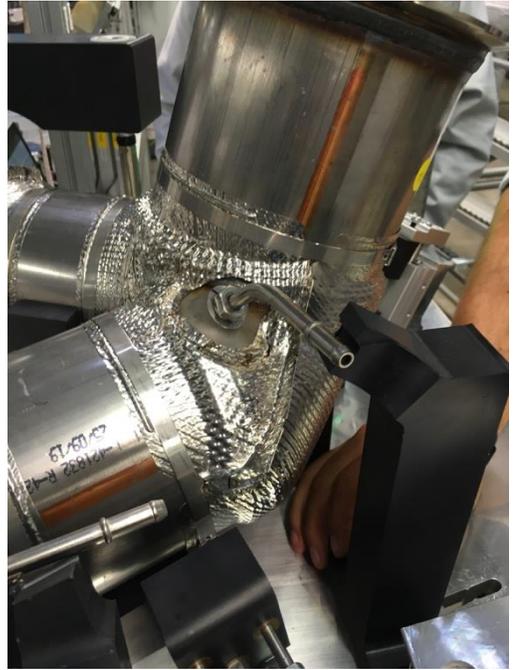
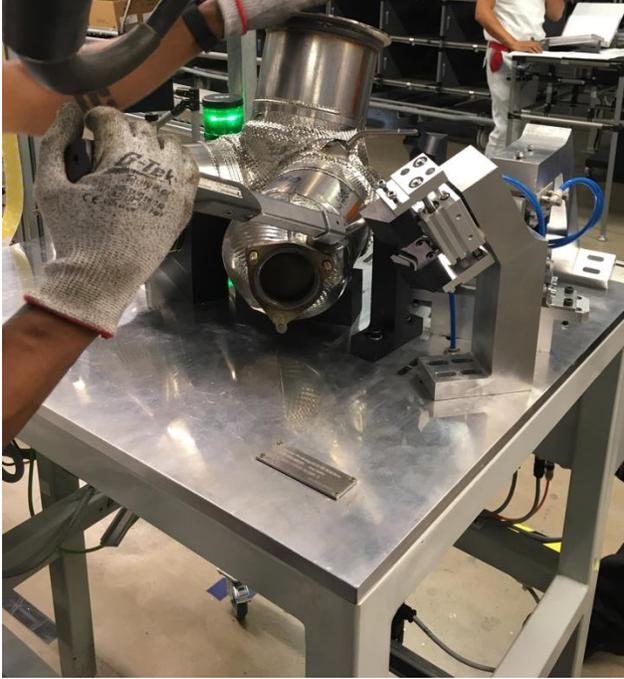
#### 4. Corte y soldadura de los perfiles PTR.



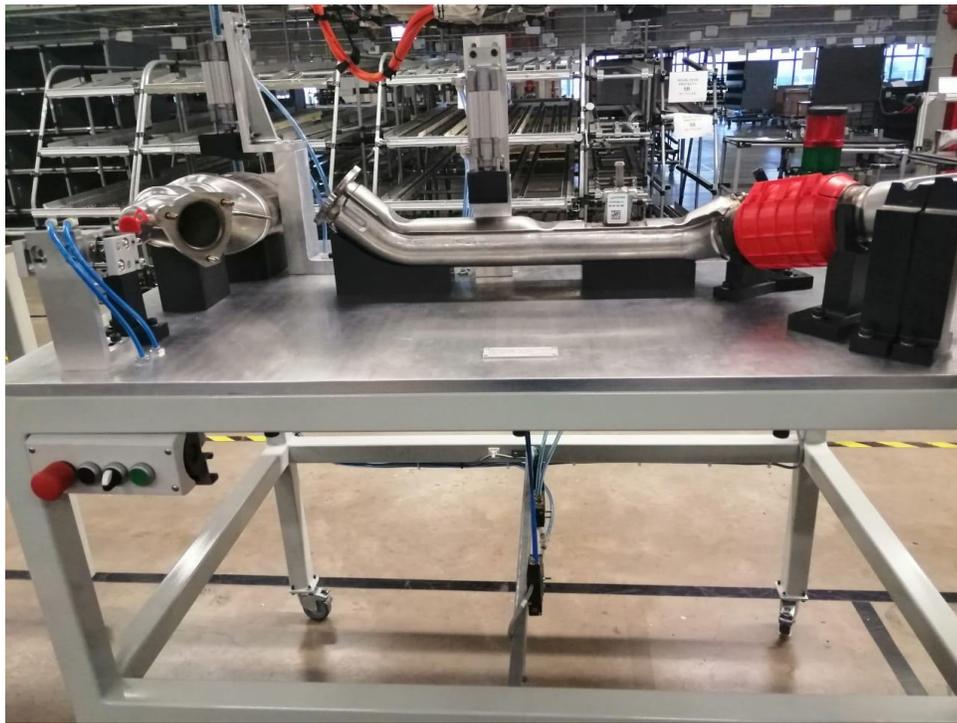
#### 5. Aplicación de pintura en estructura.

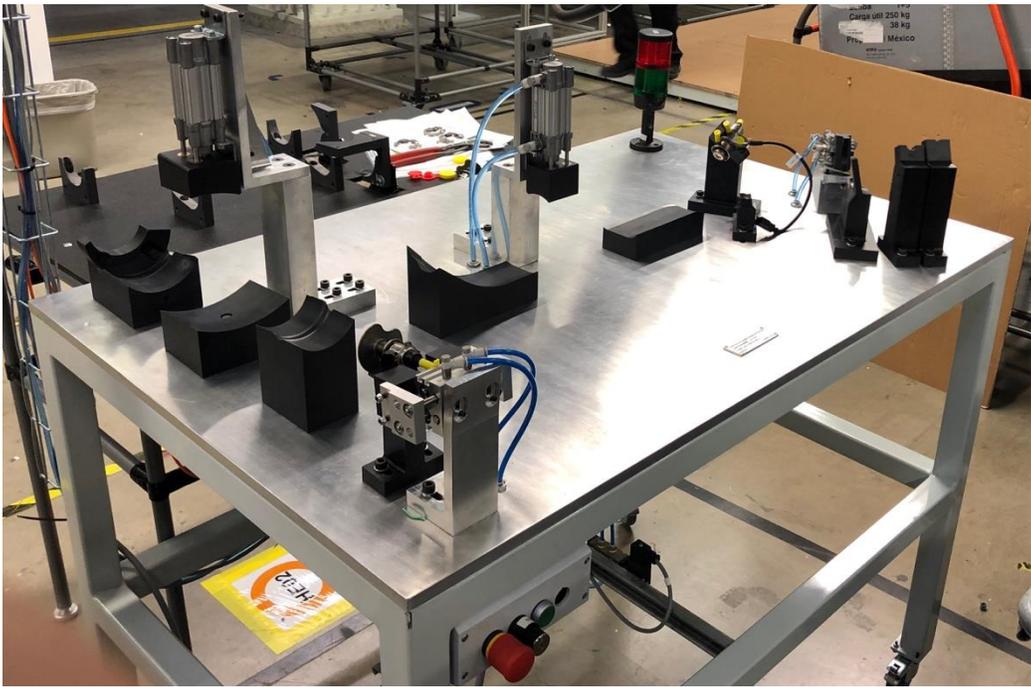


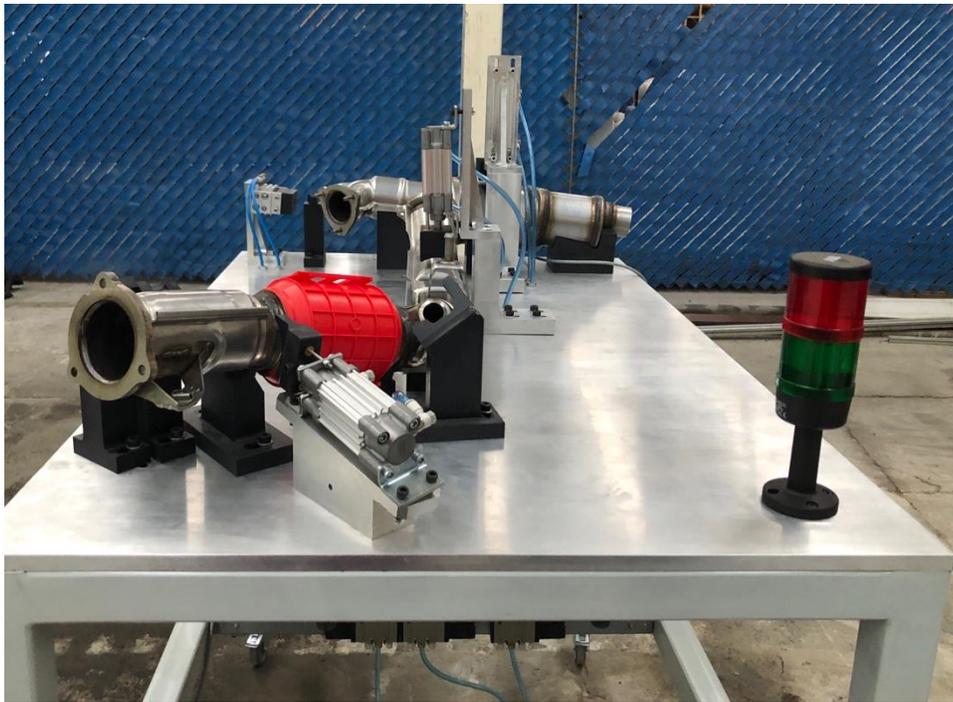
- **Evidencias mesas terminadas**  
**Tubería de presión.**



**Mesa escapes.**







## **ANEXO 4**

### **Información complementaria**

#### **1.1 Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2017**

Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2017, que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.

#### **OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos no metano (HCNM), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM + NO<sub>x</sub>), partículas (Part), e incluso de amoniaco (NH<sub>3</sub>), conforme a lo especificado en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la presente norma oficial mexicana; todos ellos, contaminantes provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.

Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable en todo el territorio nacional y es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de los motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como para los vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.

## **1.2 Industria automotriz en México**

### **Primera fase: Nacimiento de la industria e inicio de operaciones (1925–1960)**

La historia de la industria automotriz en México data de 1925 con la instalación de las líneas de ensamble de Ford, cuyo desarrollo en Estados Unidos se incrementaba notablemente; posteriormente, en 1935 llega la que a la postre se convertiría en el mayor fabricante de vehículos en el nivel mundial: General Motors, en tanto que en 1938 inicia operaciones Automex que posteriormente se convertiría en Chrysler. Todas ellas centraron su actividad operacional en el montaje de vehículos destinados al mercado local que anteriormente satisfacía su demanda con importaciones.

La característica principal en todas las plantas automotrices era que se trabajaba con un nivel de productividad bajo, resultado de mínimas inversiones y falta de infraestructura. Es hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando el gobierno orienta sus esfuerzos hacia la industrialización del país; ya para 1950 México da un giro en su estructura económica hasta ese entonces dependiente de la agricultura y adquiere un enfoque pleno hacia el desarrollo industrial.

### **Segunda fase: Crecimiento basado en la sustitución de importaciones (1962–1976)**

Como se indicó anteriormente, en México se fabrican vehículos desde 1925; hasta 1962 es cuando se emite el primer decreto automotriz, con el cual se inicia bajo bases más firmes el desarrollo automotriz en nuestro país; la situación prevaleciente en ese entonces se caracterizaba por plantas exclusivamente de ensamble en el que menos del 20% de los componentes eran de origen nacional, mientras que las ventas se cubrían principalmente con vehículos importados.

De entre los movimientos más importantes de mencionar por parte de las organizaciones de la industria terminal que se dieron en esa época bajo el esquema regulatorio existente, tenemos los siguientes:

- En 1964 Volkswagen, que desde una década antes se dedicaba a la comercialización de vehículos importados, inicia sus operaciones de ensamble en el Estado de México y tres años después traslada su centro de producción al estado de Puebla
- Ford hace una expansión de su producción en 1964 e instala dos nuevas plantas en el Estado de México, en tanto que General Motors inaugura el complejo de motores y fundición en Toluca en 1965, destinado principalmente a proveer de motores de 6 cilindros y partes de fundición a la planta localizada en la Ciudad de México
- Siguiendo el mismo camino, Chrysler abre una planta de motores en Toluca en 1964 y en 1968 inaugura su planta de ensamble
- Finalmente, Nissan Mexicana que quedó constituida desde 1961 y que comercializaba vehículos en México desde 1959, inicia las operaciones en la planta de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), en el estado de Morelos fabricando el *Datsun Sedan Bluebird*.

**Tercera fase: Enfoque orientado hacia la competitividad internacional a través de la protección comercial y promoción de las exportaciones (1977–1989)**

Con la emisión del segundo decreto automotriz de 1972, el gobierno implantó nuevas políticas regulatorias con el objetivo de mejorar el funcionamiento de los mercados, de las que destacaron las siguientes:

- Se redujo el porcentaje de contenido nacional mínimo para vehículos destinados al mercado de exportación
- Se obligaba a los fabricantes de la industria terminal a exportar un equivalente del 30 % del valor de sus importaciones.

Ante las grandes expectativas que el descubrimiento de los yacimientos petroleros trajo para el país y, por ende, los beneficios esperados en la economía del mercado doméstico, así como sacando ventaja de las condiciones de competitividad que se vivían en el mercado automotriz internacional, el gobierno publica un nuevo decreto en 1977, cuyo objetivo central fue transformar a México en un país exportador altamente competitivo para lo cual abrió el sector para las inversiones foráneas.

Ante la necesidad de incrementar la competitividad para poder afrontar los mercados internacionales, la infraestructura tecnológica del sector se tuvo que modernizar; situación que se adecuó en paralelo a los ajustes estructurales que las compañías norteamericanas realizaron en su país con el fin de hacer frente a los cada vez más pequeños, más eficientes y económicos vehículos japoneses, que para finales de la década de los setenta comenzaban a penetrar el mercado estadounidense, fabricados en plantas que se fueron instalando a todo lo largo de su territorio. Ante esta situación, las compañías norteamericanas comenzaron a incrementar sus inversiones en la zona norte de México hacia donde llegaron cantidades considerables de millones de dólares convertidos en centros de producción; ejemplo de esto fueron la puesta en marcha de las plantas de ensamble y motores que General Motors instaló en el complejo de Ramos Arizpe, Coahuila en 1981, que en su momento representó la inversión más grande de esta corporación en toda América Latina. La planta de motores de Chrysler también en Ramos Arizpe en 1981, la planta de motores de Ford en Chihuahua (1983) y la de ensamble en Hermosillo, Sonora (1986) en conjunto con Mazda dedicada al mercado de exportación, misma que en ese entonces representó la planta de ensamble con el más elevado nivel de tecnología en México.

#### **Cuarta fase: El principio de la liberalización comercial (1990–1993)**

Convencido de que para consolidar los logros alcanzados con anterioridad ante las circunstancias internacionales y buscando adecuarse a los nuevos objetivos de la política industrial y de comercio exterior de ese entonces, el gobierno del presidente Salinas emitió un nuevo decreto en diciembre de 1989. En éste se entendía claramente que para poder competir dentro del esquema de globalización de la industria, era necesario modernizar el sector para lo cual un proceso de desregulación económica, así como una aceleración en el ritmo de las inversiones se hacían inminentes. Buscando como punto final elevar los niveles de eficiencia, productividad y tecnología en los niveles internacionales.

La nueva reglamentación conocida como Decreto para la modernización y promoción de la industria automotriz autorizaba la importación de vehículos nuevos por primera vez desde 1962, siempre y cuando la industria terminal mantuviera un saldo positivo en su balanza comercial

### **Quinta fase: El tratado de libre comercio y la liberalización paulatina de la industria automotriz**

Aunque si bien es cierto que antes de la firma del TLCAN el mercado automotriz estadounidense estaba abierto a las importaciones provenientes de México con tarifas arancelarias sumamente bajas: 2.5% en promedio en automóviles y 3% en autopartes, es con la entrada en vigor del citado tratado el primer día de enero de 1994 cuando el sector comienza a tener un proceso de transformación mayor totalmente alejado del proteccionismo que lo había caracterizado para adecuarse a las necesidades de consumo de un mercado en expansión; los acuerdos sobre el sector automotriz jugaron un papel muy relevante durante las negociaciones del acuerdo global, ello en virtud de que representaba tanto para México como Estados Unidos y Canadá el sector más grande en cuanto a intercambio económico.

### **Sexta fase: Enfoque moderno hacia el fortalecimiento de la competitividad y desarrollo del mercado interno**

En diciembre del 2003, la administración del presidente Fox publica el "Decreto para el apoyo de la competitividad de la industria automotriz terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles"; en el que estando consciente el gobierno federal de la apertura y la entrada en vigor de las desregulaciones aplicables en esta industria contraídas por México en el contexto internacional —las cuales incluyen las contenidas en el acuerdo de libre comercio con la CEE, además de las ya discutidas enmarcadas dentro del TLCAN— reconoce la necesidad de crear nuevos mecanismos que propicien el incremento de la competitividad del sector automotriz, buscando entre otras cosas, el fortalecimiento del mercado interno.

## **1.3 Información técnica del recubrimiento epóxico**

### **Descripción del Producto**

Es un recubrimiento epóxico-poliamida de dos componentes A y B, que se utiliza para ambientes de mantenimiento en la industria.

### **Ventajas y beneficios**

- Alta resistencia a la corrosión
- Acabados mate y brillante
- Elevada resistencia física y química
- Puede ser usado en inmersión en agua dulce.
- Resiste temperaturas hasta 175°C (Calor seco)

### **Usos**

- Maquinaria y equipo
- Tuberías
- Exterior de Tanques de Almacenamiento
- Acero Estructura

### **Relación de la mezcla (2:1)**

La pintura consta de 2 componentes A y B, los cuales manejan una relación 2:1, un ejemplo es usar 10 litros del componente A, y 5 litros del componente B.



Cuernavaca, Mor., a 21 de ABRIL del 2021.

FORMA T-4A  
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

**DR. ARTURO MOLINA OCAMPO**  
**DR. ALVARO TORRES ISLAS**  
**DR. JESUS MARIO COLIN DE LA CRUZ**  
**DR. ROY LOPEZ SESENES**  
**ING. ROBERTO CERVANTES PEREZ**  
**P R E S E N T E S**

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:

**TESIS**

Titulado:

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE DOS MESAS DE SUBENSAMBLE PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ”**

Que presenta el **C. MORALES ALMAZAN MIGUEL ANGEL**

Del programa educativo de: **INGENIERÍA MECÁNICA**

*A T E N T A M E N T E*  
*Por una humanidad culta*

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA**

**D I C T A M E N**

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DE LA FCQeI**  
**P R E S E N T E**

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTAMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE	FIRMA
APROBADO	DR. ARTURO MOLINA OCAMPO	
APROBADO	DR. ALVARO TORRES ISLAS	
APROBADO	DR. JESUS MARIO COLIN DE LA CRUZ	
APROBADO	DR. ROY LOPEZ SESENES	
APROBADO	ING. ROBERTO CERVANTES PEREZ	

SE ANEXAN FIRMAS ELECTRONICAS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2021-04-21 21:10:17 | Firmante**

L/jrDNyFJqzQRt1Otp7ct5B7y1gdl2hxRm8yrJ9Ey66+YhT0mEIMuQ4Rn0teVR4cTM9TbkE2LQA5+/hQeAYyah3nZyKzRVgKeRPJkx6llqcmjJ3nsk3CY11WJy8Fk7ty2Cdl16z3Y6Y8Rz6qC9WY3MI73HnnvpFRUvmT8CQjcWEYfNijVtV8V7VChzdIIUq5Koo3GuH5J6WZiXPoOz+3ehejT871qMFS0ZMUV+0uPaQUkpDlezdthQVhIrRbQ5wBAh8C633G82EqRaZMxOzqgSOe2Y4QRsgwCSG7+j+7efpk66um9GCr1Go4iD8Bm/sZL7Nnh9HcLeovltwJTsg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**NQZvS9**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/EfBHKY4IPCH7EgFirLfo3vYDyyN3C0ND>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ROY LOPEZ SESENES | Fecha:2021-04-22 11:52:20 | Firmante**

dM2Qg3a77W7B4U+Kir0Sim4gE3AUXK58KIME0a9fhnT92Ozy/OeYw6vZysRNwwdm+lyE9EK2GIwKqhqGRQ2sLbVOsbrVER2Xp6wJSEdwtzK87BpSUCXyAhFvgH+tFmNAu3EXNdMDGPMZIMimcdehza0XY5315uy+4I7DYs+oRazjucKFT6JDk416IU71ygggsJnh8UTDvkjt/BvmUXQHUwC6B7c/158MI0oRFj0bul6ApjpmVskqUb0W7DxG/vLTKIK1W1B1KXIQNCOTASzOQ9HLBtFHvwTuD0T4OgKydu1QTAi51zguBv9epIKauYDyguSMvBL+L8ldVYRw==

**JESUS MARIO COLIN DE LA CRUZ | Fecha:2021-04-22 12:11:15 | Firmante**

s8nVYUF73qM7H58OjmiMAIBMDceZ03llcQmTQPpckc0jllI59iSKVspLiWaLf4Qky/SRVfoqTalLBPj+inqiUhAVye5m4MJJDtsyp07iXfJtSLoquRRKZ5i9sk+Z8AM3NY16SoWcdTG EIIAMT5XXkquBeST+UMsTMpS2CjPo13gDhKg2AqI7/hlDKdTksQJIKUDAt+A3WhPyVYG6yui7uvPC5iyFmDcYtrm1DvACTHUAns3q9GyBKY2cpyOYu10msTQlvC3rBbCxAS5mIO htZ1tz7uOhDkujoQb/erWfSan945rVppP1ywoh5tRUanfR2G/ntlRitBEqDMM8w5XyteQ==

**ALVARO TORRES ISLAS | Fecha:2021-04-22 13:23:44 | Firmante**

HO0rmVVE8AGWkmu44bJP09uk3uHtNHfNiW+aHuK9px9m7aJZouqN3xdyQz2EIPBjgFEO6trm88qTRhi7/Gm0qeg3CMkdxIAviyybInJtYtbdSqYL7tm+wmZKqO5ASG6gri+h8ydg r+pDx0IDKhVPvr/Rw62jGcwQ/ie0eHf/9MY+Sx0r4rf7Q+NNJxhq2LlokBwkG4eubPaK0B4DAUfBDppzyjl4Pvm4/e6vt8tlAwuc84fpc95uCWwlcntZsd1dlu2fw9q0KZLj/rpHwDLgKw hTtvh7Xy+ADfJVQgTG2ov7HW/2waqOefD9L5EG8dne9sZMURozHcfYS7fUQ==

**ARTURO MOLINA OCAMPO | Fecha:2021-04-23 09:25:47 | Firmante**

ImHFfe7f2/W6i8+RoSNmoW3A9k3PBvZbqkIpYXm5HLsklhXzpy2alFzvp6jsUUXmrk9cShqjWO0jJ+xbtO4C3WxeWim48yv/OAkpfKBBI8C6fMNzAbgRjwX2T1Mua/nwHmQmjrwZfx BzzcAZmXHRHpQmlBvY/KnuLZb/+QAclw3SKlctI7cA9f12J7bYDi0/1FKmwn1KY+iGO81jfCivANtARDiEgKK+HN7EUqbZ3yT+P0xwyQvuXzLkuZSs4o5GQ4KaPcwvbJBjaE3Fls QVVnHmTAHWwJvshMkFLGTg1tlGadBQxspMNTg5pZ8VzHlee4IWUpMhpqdaAa688wP3g==

**ROBERTO CERVANTES PEREZ | Fecha:2021-04-23 16:33:13 | Firmante**

tPTR6wX+gOjQigr4VB389XCJvYnFlhwyZV62FclPgW0eTXxzugSgWEKV8Ht9aDu3MqeW57EzT2wcjflct8N6dgrX9Ww1+3VFTz9hHxvEjDabk41T7HDOnfPgbNpQoSKjIblc2plR TuioMqRK7GJxm1vJ1HQmYty3148ma3ctpf3jKJhyesJPxDZi3ol7VR1tFMB0MsjHEWkq7RhieFWJfN6PhANdglVXvSjzZq4ET9SxrhR6Ck30tlM4wRGAhVIVosBTZYxB66LaiQl6 GtxTqiSmROo1VWU35Sg6AlqZ1i5QdkU21x36nxtelBsczRkUSysj+F7rpXs572tzVw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



M9a8AX

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Ev4tA9IARoeo2ISTRH7GuQ7ufXqyroQE>

