



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**Diseño e ingeniería inversa de piezas para procesos de  
manufactura a fin de usos múltiples**

**Tesis**

Que para obtener el grado de  
**Licenciatura en Ingeniería**

**PRESENTA:**

Nicolás de Jesús Gatica Sánchez

Director de tesis:

**Dr. Alberto Varguez Flores**

**Puebla, Puebla a 05 de julio de 2023**



**BUAP**

Oficio No. SAC/1282/2023

**C. Nicolás de Jesús Gatica Sánchez, -201623808-  
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería  
Mecánica y Eléctrica  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**“DISEÑO E INGENIERÍA INVERSA DE PIEZAS PARA PROCESOS DE MANUFACTURA A FIN DE USOS MÚLTIPLES”**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor de tema al Dr. Alberto Varguez Flores.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
H. Puebla de Z. a 26 de junio de 2023

**M. I. Angel Ceclio Guerrero Zamora**  
Director



M'ACGZ /barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

Facultad  
de Ingeniería

Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING - 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
222 229 55 00 Ext. 7610

**M. I. Angel Cecilio Guerrero  
Zamora Director de la  
Facultad de Ingeniería  
Benemérita Universidad Autónoma de  
Puebla P r e s e n t e.**

El que suscribe: Dr. Alberto Varguez Flores, asesor del tema de tesis:

**“DISEÑO E INGENIERÍA INVERSA DE PIEZAS PARA PROCESOS DE MANUFACTURA A FIN DE USOS  
MÚLTIPLES”**

Presentada por el C. Nicolás de Jesús Gatica Sánchez -201623808-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/1282/2023 con fecha de emisión 26 de junio de 2023, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 13 de junio de 2023**

**Dr. Alberto Varguez  
Flores Asesor de  
Tema**



**D'AVF/BARV  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo**

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Es dar a conocer la importancia que tiene el proceso en el diseño de piezas, el cual tiene distintas aplicaciones, que van desde agilizar procesos de fabricación de piezas inexistentes hasta rediseño de las ya existen, las cuales ayudarán a la producción de grandes proyectos.

## Objetivos Específicos

Difundir la importancia que tiene los softwares (CAD) y sus aplicaciones para crear y ayudar al proceso de producción. Por ende, aprender a utilizar estas herramientas, deberían ser fundamentales para cualquier ingeniero que se dedique al diseño e ingeniería inversa, ya que las aplicaciones son vastas y pueden ser una herramienta que solucione varios problemas en un futuro.

## Alcances

El diseño de piezas es muy importante ya que la influencia que tiene en los procesos es determinante para facilitar, optimizar los tiempos y costos.

Dicha importancia se ve reflejada en varios procesos, desde la creación de una pieza inexistente hasta su maquinado, o si esta ya existe y requiere alguna modificación

A continuación, se mencionan puntos relevantes en el uso del CAD (Diseño asistido por computadora)

- Facilita la fabricación de piezas.
- Plasma las características de una pieza.
- Te da una visualización de una pieza en 2D a 3D.
- Hace que los proyectos de construcción tengan más claridad en los procesos.

## Corrección de piezas en ensamblaje

Para corregir una pieza como primer paso requerimos de una ciencia que es de vital importancia, esta es la metrología que es la que se encarga de medir con precisión y exactitud la pieza en cuestión. Y el proceso consiste en llevar la pieza al laboratorio o medir en el sitio donde se encuentre el proyecto a realizar. Esto nos permite obtener los datos y proponer los cambios a realizar para tener una primera solución

El siguiente punto es decidir el método de solución, el cual consiste en definir el tipo de herramienta que se va a utilizar. Es importante mencionar que para cualquier diseño se requiere contar con los planos, pero para el caso de un ensamblaje es de vital importancia para conocer los detalles específicos que se requieren, a continuación, propondremos dos soluciones para la medición:

Solución 1: utilizar el escáner en 3D y por medio de puntos en infrarrojo lo cual nos da las medidas exactas de las superficies, encontrar el problema y posteriormente corregirlo.

Solución 2: Teniendo los planos en 2D y transformarlos a 3D por medio de programas CAD, podemos contar con los sólidos en 3D, procedemos a realizar la simulación de ensamblaje en el software, por lo cual nos

detectará inmediatamente el problema y nos dirá que está sucediendo que no permite la unión de las piezas, y así corregir el problema.

En mi experiencia puedo decir que, si llevamos un proceso adecuado de metrología, podemos garantizar que se puede reducir tiempos y costos, además de que este método se puede aplicar a diferentes casos que requieran un diseño, rediseño o un ensamble, que por sí mismo representa un alto grado de dificultad, de no hacerlo de forma adecuada representa un retrabajo y por ende disminuir la calidad del proceso de producción.

## MARCO TEÓRICO

En la actualidad México se ha convertido en una región competitiva en el sector de la manufactura, los sectores manufactureros que actualmente impulsan en gran medida el desarrollo económico del país son: médico, automotriz, aeroespacial, metal mecánico y eléctrico. Particularmente en el estado de Puebla se encuentran dos importantes empresas en el área automotriz que requieren diseño e ingeniería inversa para perfeccionar u optimizar algún proceso de producción.

Para que todo esto sea posible se tiene que contar con una metodología específica para el diseño y la generación del CAD (diseño asistido por computadora), dando por entendido que en México este tema es muy importante y por lo tanto su uso es determinante, por lo que se necesita de un avance rápido para cubrir con una constante y creciente demanda. A continuación, se proponen una serie de pasos que son necesarios para el proceso del diseño de piezas en el área automotriz específicamente, aunque el procedimiento se puede generalizar en muchos otros sectores de la industria.

Como primer paso partimos con el dibujo 2D que en el transcurso del tiempo ha sido una forma tradicional de transmitir información para el diseño. Anteriormente los dibujos en perspectiva lineal se podían crear con una ilusión de profundidad en una superficie plana, toda esta tecnología ha existido desde el siglo XIV y la forma de dibujar a mano alzada fue muy popular hasta en los “80” que aparecieron programas de diseño por computadora en dos dimensiones. Este modelado se basa en imágenes que se forman definiendo sólo el largo y ancho.

Posteriormente con el avance tecnológico aparece el modelado en 3D, esta técnica se basa en dibujar figuras que ya consideran la profundidad, de igual forma se pueden realizar a mano, pero es más común y necesario realizarlas por medio de software que nos permiten una mayor versatilidad y alcance en el diseño.

Como mencionamos el CAD comprende el uso de equipos de cómputo para crear planos de diseño y modelos, los programas de diseño asistidos por computadora son herramientas que se utilizan para el modelado de productos.

El software de cómputo se utiliza para realizar prototipos virtuales, así como también te permite revisar y modificar algún prototipo ya existente. Todo esto se presenta en CAD, como requisito es contar con un equipo el cual tenga la capacidad de hardware para poder realizar todas estas acciones.

La geometría aplicada tiene una vital importancia debido a que se requiere tener conocimiento de los procesos de transformación de 2D a 3D, esto es debido al alto grado de complejidad de los diseños, el cual radica en ciertas superficies específicas tales como:

- Los arcos tangentes que involucren a dos círculos
- El Arco tangente al círculo
- Los arco o círculos que se forman de 3 puntos que no están en línea recta
- Uso de las capas
- Creación de caras con barrenos que se encuentren en diferente ángulo

Por ejemplo, en el proyecto que abordamos en este trabajo, lo más complicado fue la creación de las bases en donde se montarán las molduras como veremos más adelante, cuyos requerimientos necesitan un armado que incluya barrenos de sujeción para los tornillos y que cuente con las dimensiones adecuadas.

En la etapa de conceptualización se consideran varios factores que se requieren en el diseño, los cuales se deben aplicar de tal forma que permitirán dar una solución eficaz a los requerimientos del proceso, es importante mencionar que este proceso es iterativo hasta lograr la versión final que pasará al proceso de fabricación.

El diseño estratégico y Prototipado de los productos es esencial, debido a que la creación de éstos, dependen del proceso de diseño. Además, debemos recordar que es un modelo experimental que se lleva a cabo en base a una idea que permite probar el concepto antes de su construcción y fabricación en serie.

Un prototipo crece en amplitud y profundidad a lo largo de múltiples iteraciones y es la versión final de un prototipo que se entrega para su desarrollo. Posterior a este proceso se quiere realizar una pieza en la que conoceremos el tipo de manufactura que requerirá para su creación y su posterior producción en serie.

A continuación, se mencionan las técnicas de fabricación que se podrían utilizar para creación de diferentes diseños de piezas:

Unión: soldado, soldadura blanda y fuerte, unión por difusión, unión por adhesivos y unión mecánica.

Acabado: Asentado, lapidado, pulido, satinado, rebabeado, tratamiento superficial, recubrimiento y chapeado.

Nanofabricación: Es la tecnología más avanzada, capaz de producir partes con dimensiones a nivel nano (una milmillonésima), las aplicaciones actuales son la fabricación de sistemas microelectromecánicos (MEMS) y sistemas nanoelectromecánicos (NEMS) que funcionan en la misma escala que las moléculas biológicas.

Maquinado: Uso de máquinas para procesar materiales según especificaciones basadas en los dibujos de diseño.

De todos estos procesos de manufactura el más destacado e importante es el maquinado, además que es el más utilizado en la industria. Cabe mencionar que es un proceso que consiste en remover material hasta quedar con la pieza deseada, y esto depende de los requerimientos de cada diseño, y así tomar en cuenta el equipo que se va a utilizar.

Un aspecto importante que se debe de tomar en cuenta para la creación del prototipo es la tolerancia que se requiere para el diseño, y más aún cuando está formado por varias piezas, por lo que el maquinado requiere cubrir con varios aspectos, tales como:

- Naturaleza del material en que están construidas las piezas.
- Velocidad de deslizamiento relativo o de funcionamiento.
- Tipo de esfuerzos; considerando su intensidad, dirección, sentido y variación.
- Sistema de engrase y lubricante utilizado.
- Desgaste admisible para unas determinadas horas de funcionamiento.
- Temperatura máxima de funcionamiento y su régimen de variación, por producir dilataciones.
- Las piezas que alteran las condiciones de juego y aprieto iniciales. Especial atención a las piezas que son de materiales distintos, y más aún cuando los coeficientes de dilatación son diferentes.
- Incidencia de las variaciones de posición y forma permitidas por las tolerancias geométricas que afecten a las piezas a acoplar.
- La cantidad de piezas a ensamblar

Para el diseño existen diferentes tipos de herramientas de maquinado desde manuales, semi automáticas y automáticas (CNC control numérico computarizado) las más comunes son las siguientes: taladro, limadora, mortajadora, cepilladora, brochadora, torno, fresadora.

Como ya lo hemos comentado, la calidad es un punto clave al elaborar piezas con maquinados CNC y eso depende del equipo mecanizado, los resultados de cada pieza y que éstas sean resistentes y duraderas.

El maquinado CNC hoy en día se maneja en diferentes sectores, como la construcción, tecnología, automotriz, entre otros. Las piezas que se llevan a cabo deben cumplir la función que se les pide, sin errores, o fallas que a simple vista parecen diminutas pero que posteriormente podrían provocar accidentes.

Es por ello que se recomienda utilizar máquinas CNC, que puedan cumplir con los procesos de exigencia y protocolos exactos para tener acabados de piezas profesionales, sea cual sea el trabajo que realice y para el sector al que va orientado.

Por lo regular, las líneas de ensamble son automatizadas de principio a fin, con el propósito de acelerar la fabricación de productos. Y además éstas implican procesos repetitivos con máxima precisión para alcanzar altos estándares de calidad, caso contrario cuando interviene la mano de obra humana las empresas necesitan mayor cantidad de recursos, tiempo y dinero. Y por ende, la probabilidad de errores durante la fabricación se incrementa, lo cual pone en riesgo la calidad y reputación de las empresas. En casos específicos, como la industria automotriz, las piezas de ensamble son de gran peso y tamaño, y de ser manipuladas por personal humano la vulnerabilidad ante un accidente también se eleva.

El dispositivo más importante en el proceso de diseño e ingeniería inversa es el escáner, el cual inició con prototipos que funcionaban con cámaras y proyectores, lo que provocaba que el proceso de escaneo fuera lento y difícil de realizar; sin embargo, actualmente existen dispositivos que funcionan con luz infrarroja, que cubren la pieza y rebotan mediante unos puntos de referencia (targets), y así el dispositivo calcula la distancia y la forma. Por medio de un interfaz se conecta a una computadora, la cual recibe la información y mediante el software se replica la figura de forma virtual.

En todas las áreas de la ingeniería e innovación tecnológica se requiere modificar el proceso de producción, debido a la creciente demanda de cantidad y calidad de los productos, particularmente en la automotriz que es requerido por las líneas de ensamble. La ingeniería inversa es una acción la cual te permite solucionar muchas problemáticas como la antes mencionada, destacando que con la ingeniería inversa podemos mejorar, corregir o duplicar piezas existentes.

El siguiente paso en el proceso son los CAD, que son los softwares que permiten hacer o modificar los diseños virtuales particularmente el SolidWorks entre otros. Cabe mencionar que los CAD más conocidos son:

El CATIA es un CAD que en un principio se desarrolló como software para la industria aeronáutica, sobre todo, por ingenieros y diseñadores de las industrias automotriz y aeroespacial, entre otras. Particularmente en el sector de la construcción se aprovechan las ventajas de esta tecnología para desarrollar modelos arquitectónicos, como es el caso del Museo Guggenheim de Bilbao que integra una gran complejidad en su forma. Aun así, y para entender mejor las capacidades del software, pasamos a analizar sus funciones principales.

1.- Es capaz de crear modelos 3D tanto paramétricos como no paramétricos. Además, este programa es compatible con Windows, Solaris, IRIX y HP-UX. Como la mayoría de softwares de diseño requiere que los archivos de los modelos tienen que ser exportados en formato con extensión STL, por ser compatible con nuestra impresora 3D.

2.-El SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.

La función del SOLIDWORKS en el proceso de desarrollo del producto es muy versátil, lo que permite obtener las soluciones de una forma rápida, acelerando el proceso en un corto tiempo y disminuyendo recursos.

Cuando en la mayoría de las empresas la cadena de valor es un proceso secuencial en el que necesitan terminar las fases anteriores para iniciar las nuevas, las soluciones de SOLIDWORKS permiten llevar el proceso en

paralelo en lugar de secuencialmente, con el fin de ganar tiempo y poder tomar mejores decisiones empresariales creando mejores diseños.

Debido a los requerimientos que exige la industria es importante considerar las normas que intervienen en el proceso que se llevara a cabo en el laboratorio, siguiendo principalmente las siguientes:

De la norma ISO 9001 a la 9004 es el estándar del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) reconocido internacionalmente que puede beneficiar a organizaciones de cualquier tamaño. Diseñada para ser una poderosa herramienta de mejora empresarial, la certificación de gestión de calidad ISO 9001 puede ayudarlo a:

- 1.- Mejorar, optimizar las operaciones y reducir los costos continuamente
- 2.- Obtenga más negocios y compita en licitaciones
- 3.- Satisfacer a más clientes
- 4.- Sea más resistente y construya un negocio sostenible
- 5.- Demuestre que tiene un gobierno corporativo sólido
- 6.- Trabaje eficazmente con las partes interesadas y su cadena de suministro

ISO 9001: Sistema de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño/desarrollo, producción, instalación y servicio.

ISO 9002: Sistema de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción e instalación.

ISO 9003: Sistemas de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción e instalación.

ISO9004: Administración de la calidad y elementos del sistema de calidad. Lineamientos.

## **ALCANCES**

El diseño de piezas es muy importante ya que la influencia que tiene en los procesos es mucha debido a que facilita y optimiza tiempos y costos.

Dicha importancia se ve reflejada en varios procesos, si es una pieza inexistente hasta el maquinado de dicha pieza, o si es una pieza existente que necesita una modificación.

- Facilita la fabricación de piezas.
- Plasma las características de una pieza.
- Te da una visualización de una pieza en 2D a 3D.
- Hace que los proyectos de construcción tengan más claridad en los procesos.
- Requiere mucho tiempo para la realización de los dibujos.

- Necesita capacitación para utilizar un software.
- Se necesita constancia para ir realizando proyectos cada vez más grandes.

## **CRONOGRAMA**

Actividad	Marzo	Abril	Mayo
Entrega de protocolo	29		
Revision			
Afinar detalles			
Realizar presentación			
Entregar tesis			

## ÍNDICE PRELIMINAR

### Desarrollo de la tesis

En este apartado conoceremos las formas y métodos que utilicé para realizar el proyecto, tanto como herramientas y procesos de medición.

Los pasos que debes seguir para resolver un problema de modificación y realización de una pieza.

Llegar a la empresa y platicar con la persona encargada del proyecto, preguntarle cuál es el problema para saber de qué forma solucionarlo.

1.- Qué función específica tiene la pieza, ya que eso determinará de qué forma se abordará el problema.

Tenemos que saber a qué se somete, tensión, compresión, temperaturas, flexión, deflexión etc.

2.- Saber si intervienen otros elementos

Es importante saber si la pieza pertenece a un conjunto o es única, si existen más piezas se tiene que contemplar en el cálculo, en caso de lo contrario sólo se toma en cuenta su uso particular.

3.- El encargado del proyecto da su opinión

Es común que la persona que solicita el servicio de su punto de vista o una idea de cuál puede ser la posible solución, debido a que es la persona que interactúa directamente con el proceso en el que interviene la pieza a trabajar, la idea del encargado siempre es importante ya que con eso tú puedes darte cuenta de cuáles son las prioridades del proyecto.

4.- Ofreces tu idea para solucionar el problema

En este punto uno ofrece lo que es viable para satisfacer las necesidades del proyecto, tomando en cuenta las prioridades del encargado y complementando con todo lo requerido para que el proceso sea eficiente.

5.- Se encuentra el producto final e inicia la etapa de diseño

Durante todo el tiempo que se realiza el diseño se mantiene en contacto con la persona encargada del proyecto, ya que durante los días que tienes para terminarlo se puede modificar algunas medidas, dimensiones o espesores, debido a que esta persona está al pendiente del proceso.

## 6.- Entrega del proyecto

Se asiste el día acordado para entregar la pieza y ver como se somete al proceso de producción, esperando que todo salga bien y cumpla con las expectativas del cliente, durante la prueba uno puede notar todos los detalles que se le pusieron a la pieza y las condiciones a las cuales se somete, esperando resultados positivos, de ser así el proyecto se da por concluido.

La medición se aplica en muchos campos de la ciencia, el cual nos pide tener la capacidad de saber utilizar algunos instrumentos de medición.

Es importante calibrar los dispositivos de medición constantemente, para que te brinden buenos resultados y tengas un buen desempeño a la hora de utilizarlos, a excepciones de algunos que se calibran antes de cada uso.

La metrología es la ciencia de la medición, esta ciencia se encuentra en muchas áreas, medicina, industria y laboratorios de innovación, por eso es importante tener el conocimiento de cómo utilizar herramientas y equipos para facilitar esta acción, es fundamental que sepamos utilizar los dispositivos innovadores y saber interpretar los resultados garantizando productos de calidad.

Es conveniente que los laboratorios cuenten con una temperatura de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , ya que es la temperatura óptima que debe tener un laboratorio. Con esa temperatura garantiza que los dispositivos de medición obtengan los resultados exactos y las piezas a medir estén listas para análisis más detallados.

Cabe destacar que el principal uso de la metrología es en el ámbito de la industria automotriz, autopartes, creaciones de piezas, sopladoras e inyección de plástico etc. Y también tiene mucha influencia en las cuestiones de calidad y el control de procesos.

Visto lo anterior es importante tener el conocimiento de ciertas palabras y equipos para entender lo que pasa con el proyecto.

La manufactura es proceso de fabricación o transformación, ya que convierte materia prima en un producto que satisface necesidades según el solicitante, todo se realiza mediante el uso de herramientas, maquinaria, equipos sofisticados de control por computadora o de mano de obra del ser humano, obteniendo así los resultados esperados.

Este proceso de transformación tiene muchas aplicaciones en el ramo ferretero, médico, y en el que más relevancia tiene el industrial, destacando el sector automotriz.

## BRAZOS DE MEDICIÓN PORTÁTIL

Son equipos de medición por coordenadas, Estos dispositivos son de gran tamaño, pero eso no afecta a los resultados, son confiables y pueden realizar varias acciones en el mundo de la ingeniería, pudiendo realizar inspecciones a herramientas de trabajo y realizar mediciones de superficie por el método de palpado, obtener distancias y medidas precisas, remarcando que este equipo funciona obligatoriamente por contacto.

Este equipo te da seguridad, ya que al utilizarlo puedes obtener la información precisa para el análisis del proyecto, la herramienta cuenta con todo lo necesario para su uso óptimo y eficiente.

Los detalles negativos con los que cuenta esta herramienta, es que su volumen de trabajo esférico es de 1,8 m a 3,7 m el cual lo hace innecesariamente complejo a la hora de maniobrar, haciendo que la medición sea mucho más difícil e incómoda.



Imagen No.1: brazo faro

### HandySCAND 3D

El escáner en 3D es una herramienta práctica, portátil, eficiente, de alta precisión y de fácil comprensión, el cual nos permite realizar proyectos con todas estas ventajas garantizando un trabajo de calidad.

Unos de los resultados que arroja el escáner son las mallas, tienen forma triangular y están sobre las piezas escaneadas, no contienen información, sólo la posición de superficie, y son importantes ya que si la pieza se va a imprimir es lo que detecta la impresora 3D, con ellas se distinguen claramente las superficies con las que cuenta una pieza, programas básicos no pueden modificarla directamente, debido a la complejidad de estas, se tiene que contar con programas avanzados para realizar los cambios.

Una de las razones para utilizar este equipo es que no requiere tener la pieza fija, ya que se utilizan targets de posición (punto de referencia en superficie) lo que nos permite eliminar los errores en el momento del escaneo. Además, es fácil de utilizar porque es un dispositivo ligero (0.94Kg) esto nos permite tener acceso a zonas que son difíciles de alcanzar tales como: profundidades y ángulos.

Una desventaja que tiene es que los objetivos de posicionamiento (targets) se tienen que colocar de manera abundante y aleatoria, de lo contrario existirán dificultades a la hora de escanear.



Imagen No.2: HandySCAN Black

#### Proceso de utilización del escáner

Se utilizó el HandySCAND 3D por todas las características antes mencionadas, es importante mencionar que este dispositivo también se utiliza para control de calidad, desarrollo de productos o modificaciones de procesos.

Cabe mencionar que existen dispositivos adicionales que también se utilizan tales como:

Vernier: Es un instrumento de medición que cuenta con una gran precisión al utilizarlo en cualquier objeto, con él podemos medir superficies internas, externas y profundidades, teniendo la seguridad de que la herramienta es confiable.

Micrómetro: Es un instrumento de medición el cual es muy práctico debido a su tamaño aparte de ser muy preciso, funciona con un tornillo el cual lo giras ajustándolo a la pieza o superficie a medir con un rango muy alto de precisión.

Flexómetro: Es un instrumento de medición cuya característica es facilitar las medidas de superficies planas con rango de 3 a 20 metros.

**A continuación, se comentará el proceso que se utilizó para el diseño de la pieza**

Inicio del proceso de diseño o rediseño

El proceso inicia con el diseño en 2D, se puede realizar hasta a mano alzada sin necesidad de un software, es importante ya que en él se encuentra las especificaciones del diseño como: ángulos, radios, diámetros, distancia, espesores, profundidades etc.

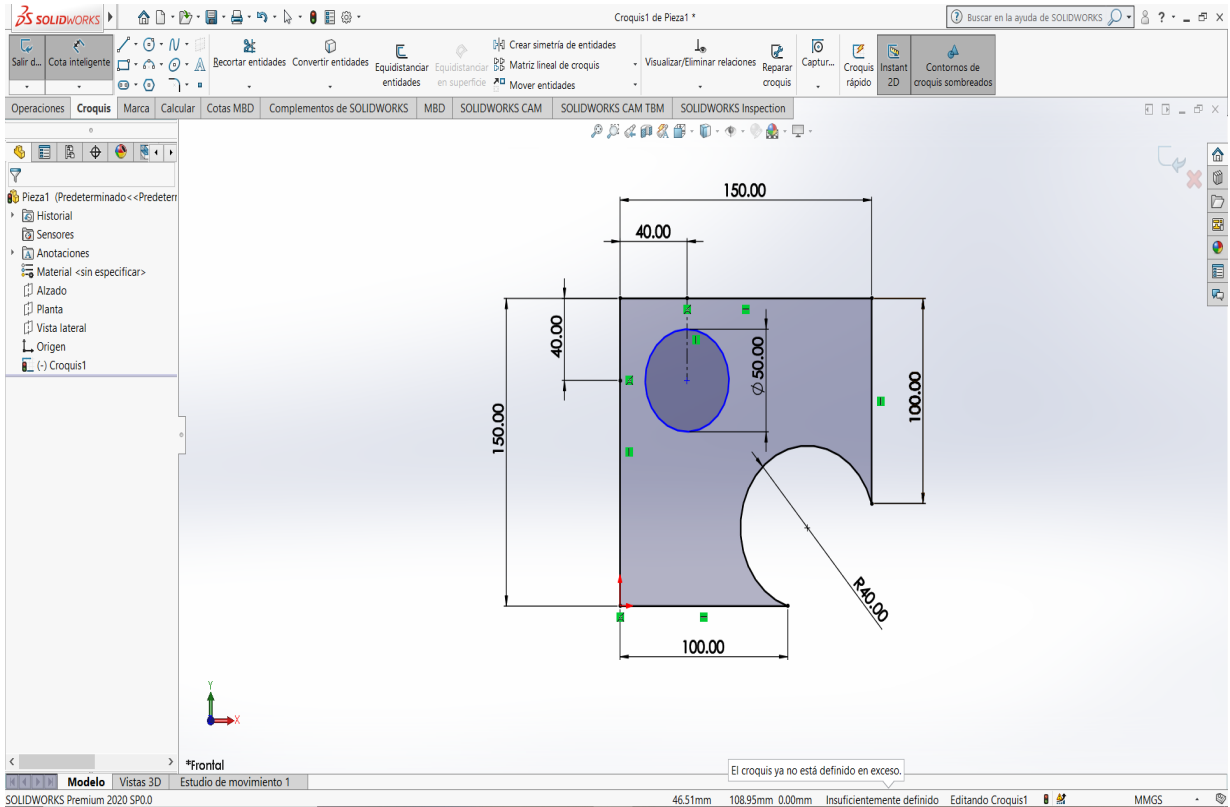


Imagen NO.3: plano 2D vista frontal

Como podemos observar en la imagen anterior resalta los datos antes mencionados, viendo claramente que es fundamental para que el sólido salga según las necesidades del cliente.

Con esta información se da paso a realizar el 3D tomando en cuenta todas las especificaciones anteriores. El 3D es muy importante ya que te da una información clara de cómo se visualizará el resultado final, pudiendo ver posibles errores y corregir en el proceso.

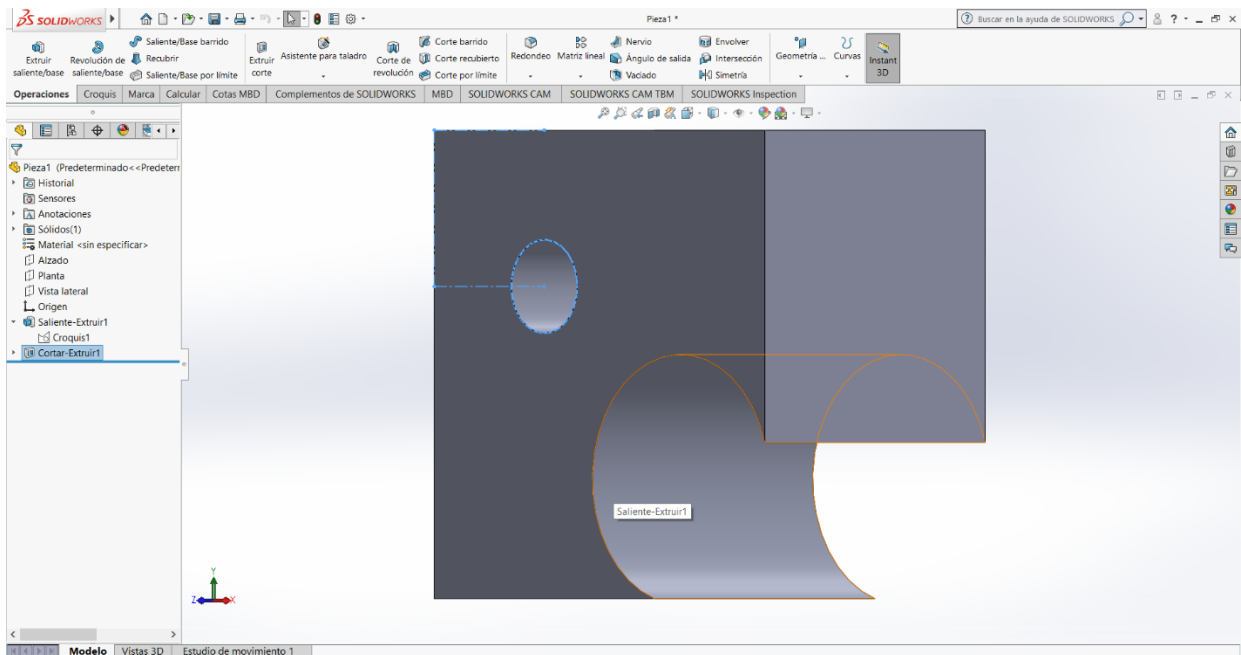


Imagen No.4: Sólido 3D de la imagen No.3

En esta imagen podemos observar el sólido del 2D, resaltando la importancia que tiene el contar con las medidas correctas, esta pieza ya podría maquinarse o imprimirse para darle uso e intervenga en el proceso requerido.

## Agregando vistas para mayor apreciación de la pieza

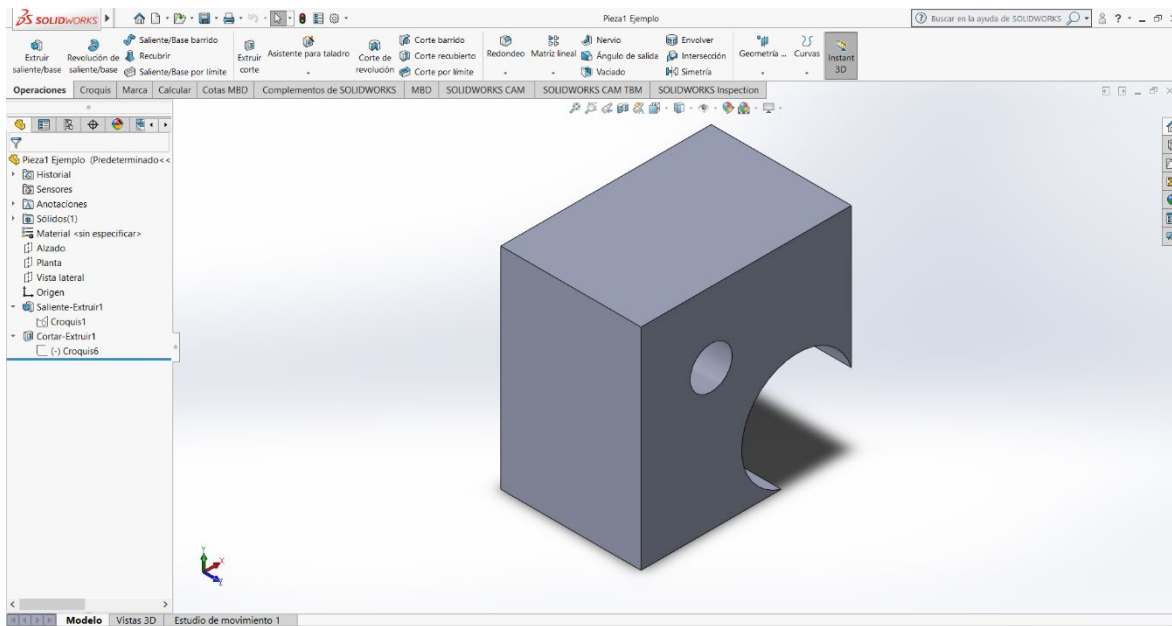


Imagen No.5: Vista isométrica

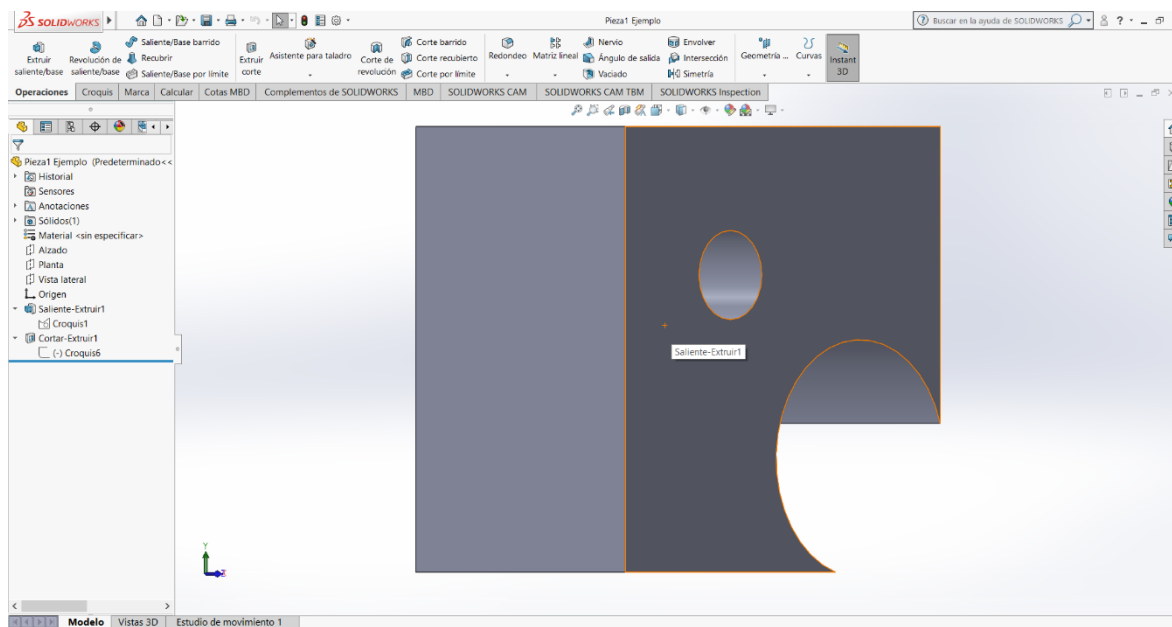


Imagen No.6: Vista ortogonal

A continuación, en este apartado se describe el procedimiento que se siguió para la realización del diseño de un dispositivo de sujeción, cuya finalidad es la manipulación de molduras utilizando el proceso antes mencionado.

Este caso en particular se inició con el proceso de escaneo en las molduras, utilizando el HandySCAND con el que se obtendrá la información precisa de la pieza.

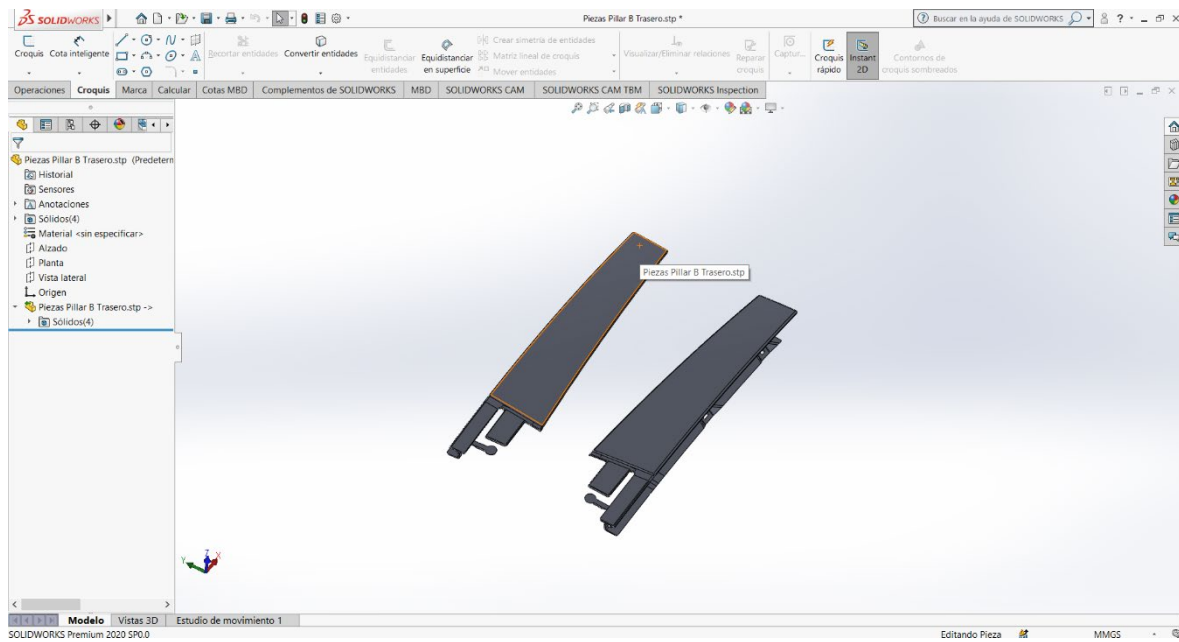


Imagen No.7: Resultado del escaneo de las molduras

Como se muestra en la figura 7, podemos observar el resultado del escaneo (HandySCAND 3D) de las molduras en el SolidWorks siendo este paso fundamental para realizar las bases donde se colocarán las piezas.

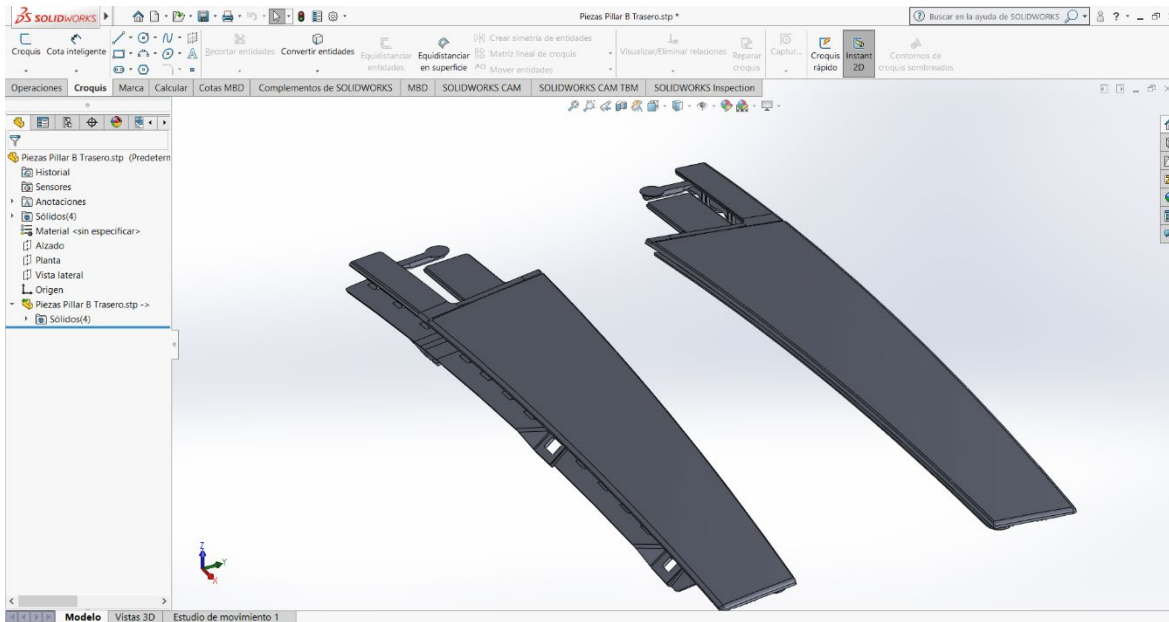


Imagen No.8: Vista isométrica

En base a toda la información que se obtuvo en el proceso de escaneo, y con esta información ya podemos iniciar la fabricación de la base, lo primero a realizar, es tomar en cuenta las medidas de las molduras para crear la pieza.

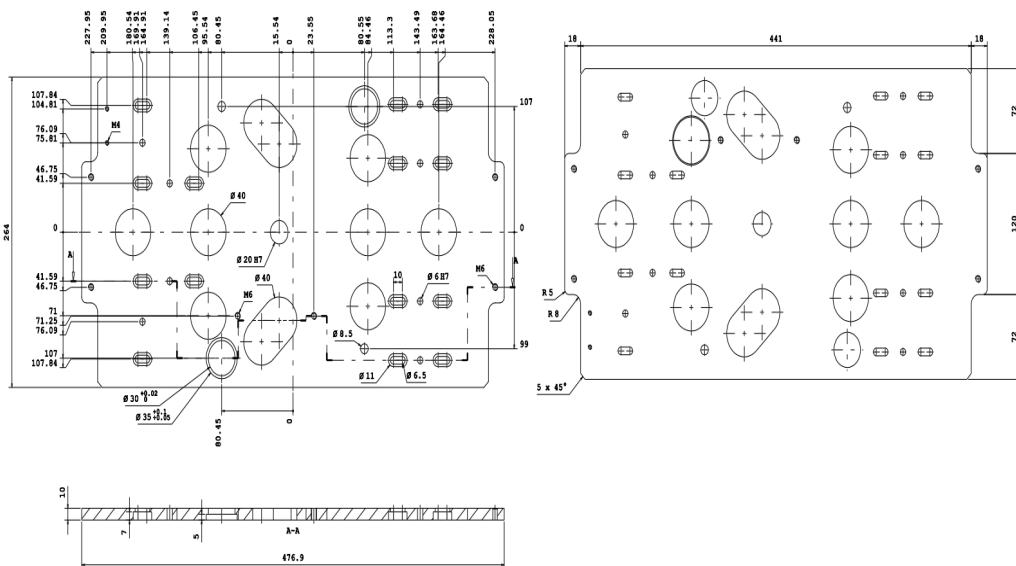


Imagen No.9: Planos 2D de la base donde se colocarán las molduras

La imagen anterior es creada en base a las medidas de las molduras y a las necesidades requeridas, ya que esa pieza va encima de otra base de sujeción, los barrenos que se aprecian son para que se atornille y sea nulo su movimiento, los tornillos que se utilizan para dicha acción son M6 así que el maquinado se debe realizar con precisión, porque si falla tendrá movimiento y todo el proceso tendrá errores.

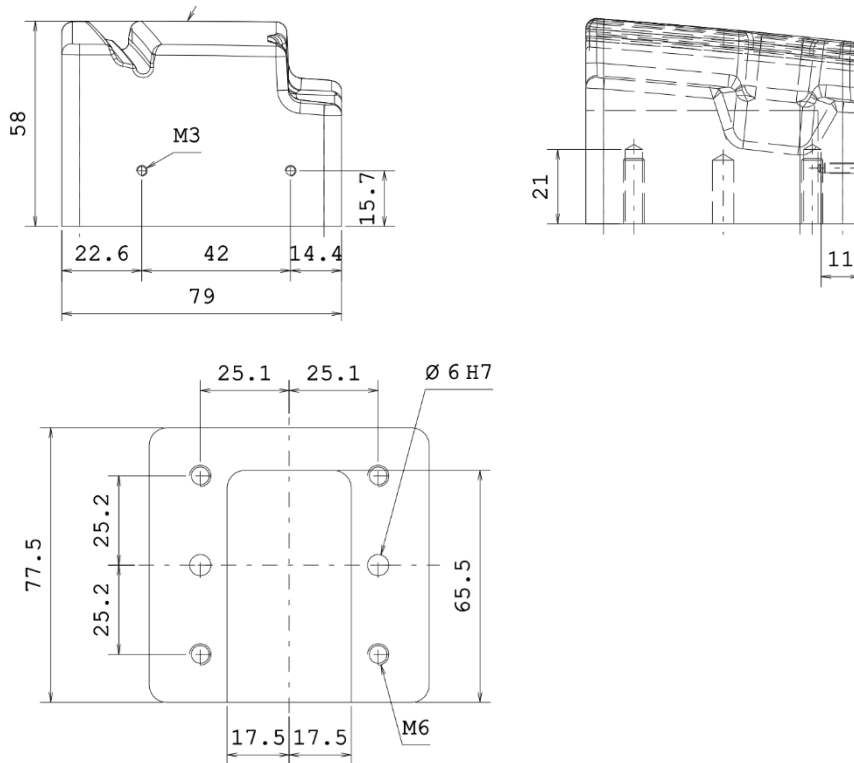


Imagen No.10: Planos 2D de los pallets de sugesión

En estos 2D se pueden apreciar los pallets que recibirán las molduras, en la base todos se realizan con las estrictas especificaciones de las molduras del vehículo, en seguida los 2D y los sólidos de los pallets.

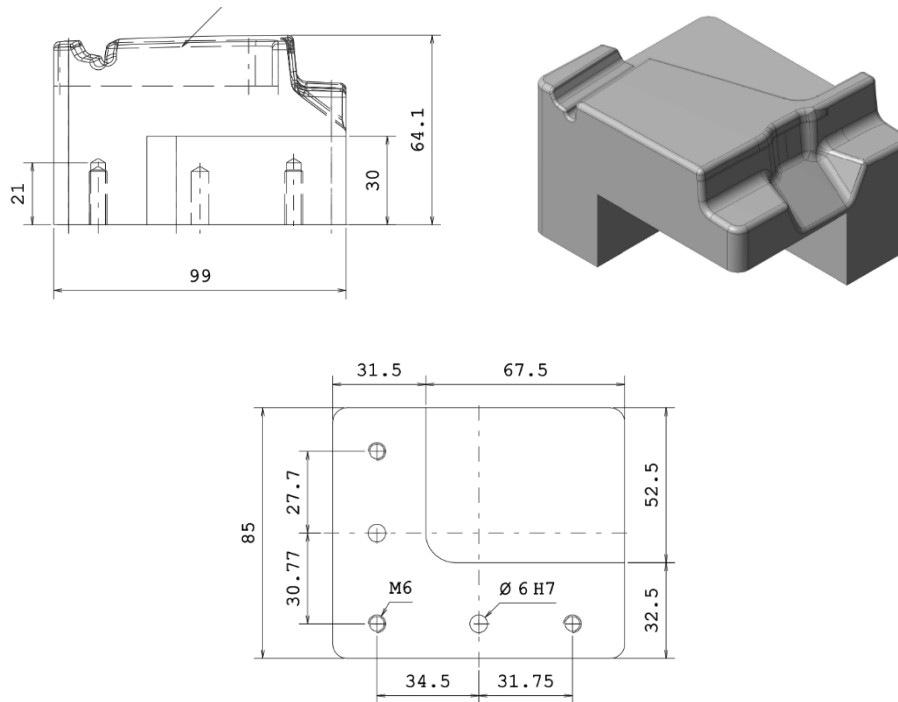


Imagen No.11: Planos 2D del pallet A y simulación en Software con vista isométrica

Resaltando que estas piezas son muy importantes ya que reciben las molduras y por ende tienen que ser muy precisas.

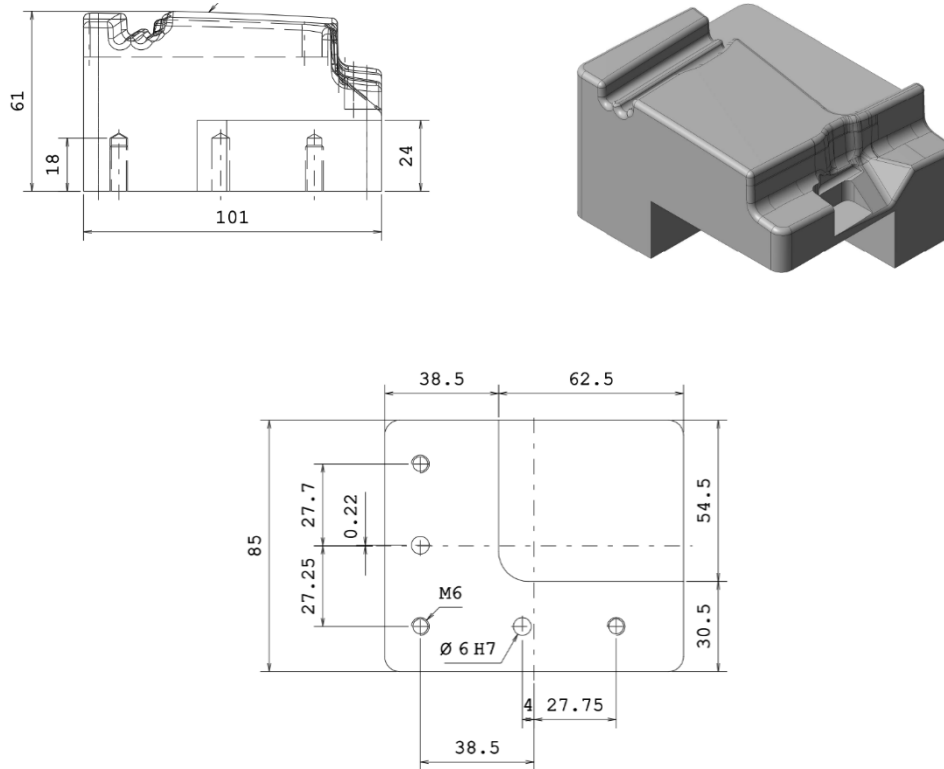


Imagen No.12: Plano del pallet B y simulación en software con vista isométrica

Se presentan los dos pares de pallets ensamblados, en una sola pieza completa, la que tendrá la función de recibir las molduras del vehículo, como se observa en las siguientes figuras.

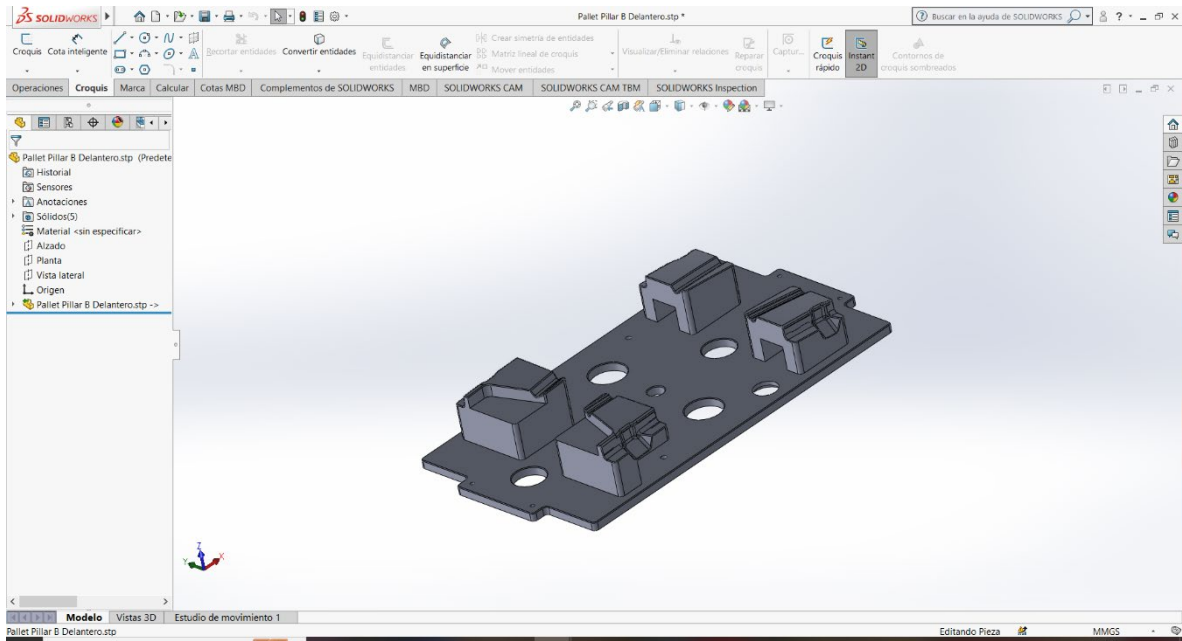


Imagen No.13: Base de soporte de molduras en software

En seguida otras vistas del dicho ensamblaje

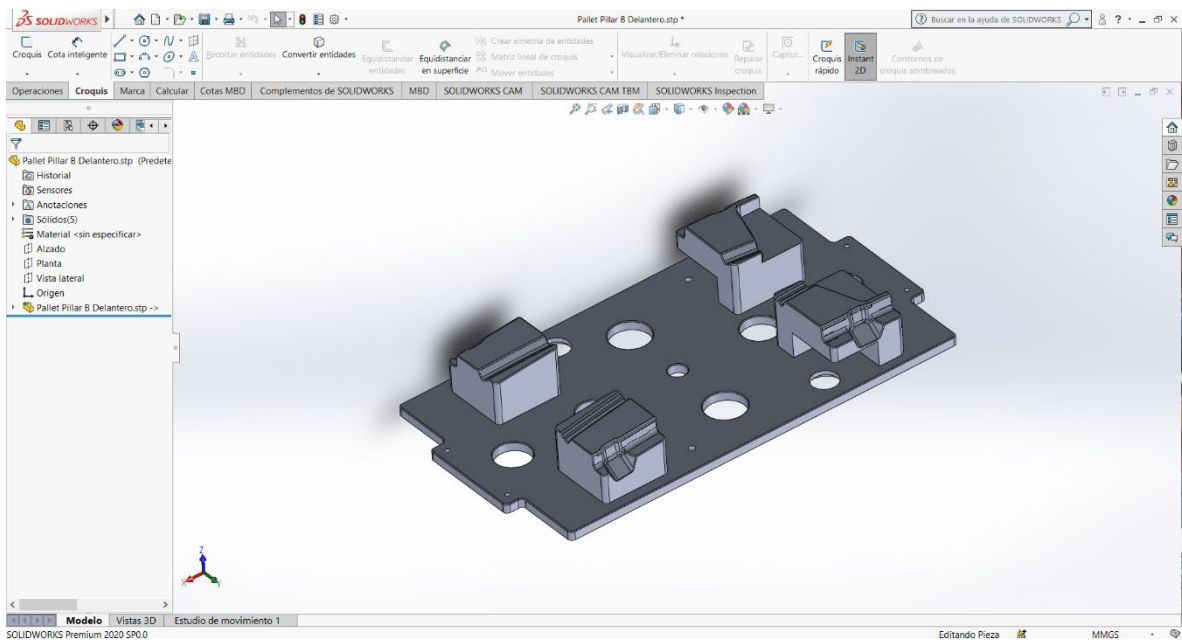


Imagen No.14: Base de soporte de molduras con detalle en pallets A y B

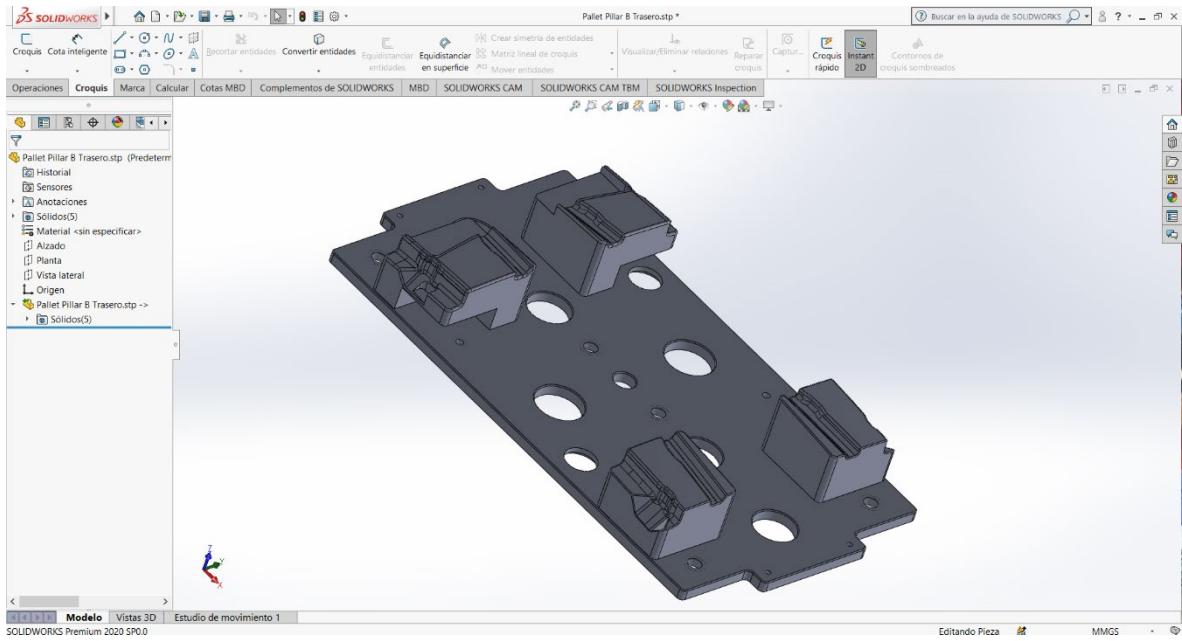


Imagen No.15: Base de soporte para molduras listo para maquinar

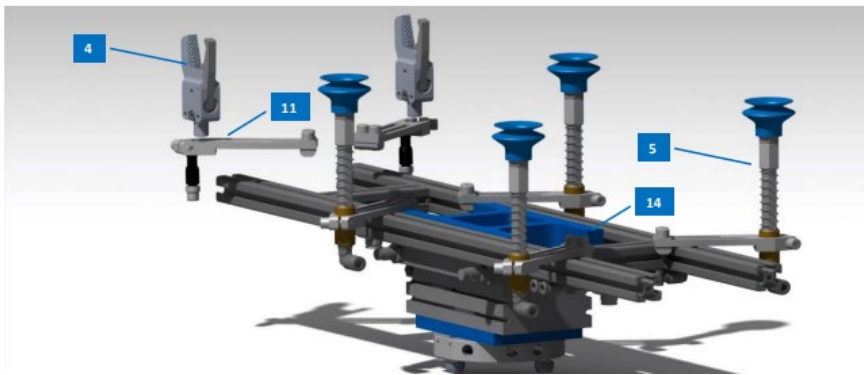
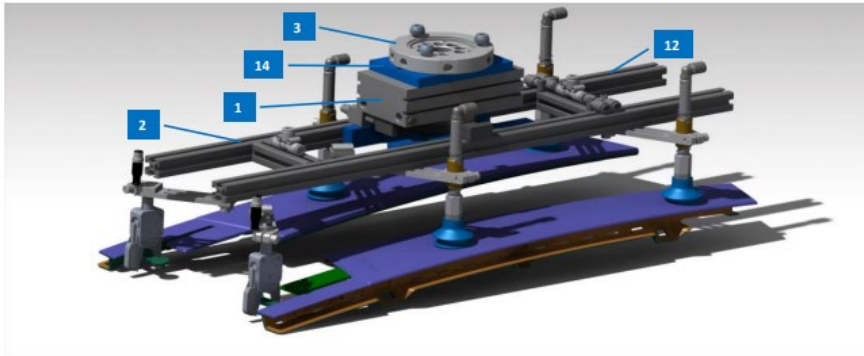
Como podemos observar así se ve la pieza final de la base, en donde se pueden notar los barrenos de sujeción y los pallets donde se soltarán las molduras. Estando lista para mandar a maquinar.



Imagen No.16: Base para molduras maquinada en aluminio

Observando la pieza maquinada podemos ver el resultado final, apreciando todos los detalles y todo lo que se hizo en el proceso de diseño.

En las siguientes figuras se muestran imágenes obtenidas del programa SolidWord del armado completo del dispositivo de sujeción



A

Imagen No.17: Prototipo de sujeción en software

A continuación, los elementos que se adquirieron para complementar el proyecto es importante mencionar que éstos no se hicieron, se compraron.

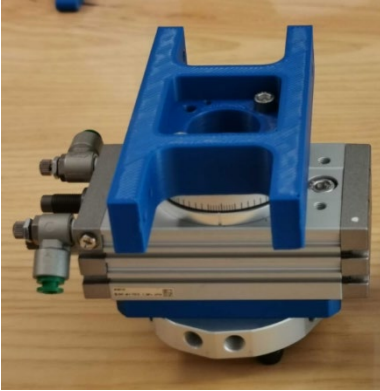


Imagen NO.18: Aditamentos para complementar el dispositivo de sujeción



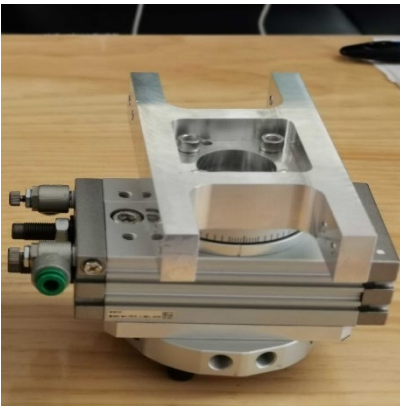
Imagen No.19: Ventosas para el dispositivo de sujeción

Estas ventosas se encargarán de sostener la pieza y después soltarlas mediante sensores e hidráulica.



En esta imagen observamos una pieza color azul, es el resultado de la impresión en 3D, hecha de un material llamado PLA el cual te permite hacer pruebas con ella antes de mandar a maquinar o en su defecto trabajar con ella, también satisface las necesidades de la producción, ya que tiene la ventaja de que, al realizarla, tú puedes controlar que dureza quieres que tenga, dependiendo para que proceso se utilice. La versatilidad que tiene una impresión en 3D es que puedes hacer pruebas sin gastar tanto en maquinados.

Imagen No.20: Pieza de soporte hecha en PLA



Aquí podemos observar la pieza maquinada, esto se realiza posterior a las pruebas con la pieza de PLA, asegurando que la pieza a realizar sea funcional. Y así no obtener pérdidas.

Imagen No.21: Pieza de soporte hecha en aluminio

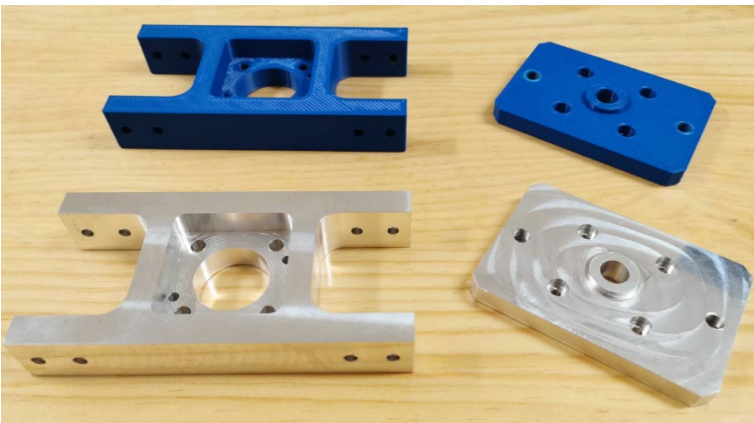


Imagen No.22: Piezas de soporte hechas en PLA y aluminio

En estas 3 imágenes anteriores podemos resaltar la importancia de la impresión en 3D, ya que mediante las piezas de color azul que están hechas de PLA (ácido poliláctico) se pueden realizar pruebas y si en dado caso existe un error poder modificarlo sin gastar en maquinados, en cambio cuando la pieza pasa las pruebas se puede mandar a maquinar sin temor a cometer errores.

Este tipo de impresiones son muy importantes en el mundo de la ingeniería, ya que mediante esta práctica se puede optimizar costos y tiempo, el cual permite corregir los procesos de una forma práctica.

Como siguiente paso se realizó un dispositivo de sujeción el cual su función es transportar las molduras a la base ya realizada anteriormente. El dispositivo es el siguiente



Imagen No.23: Dispositivo de sujeción montado

listo para pruebas

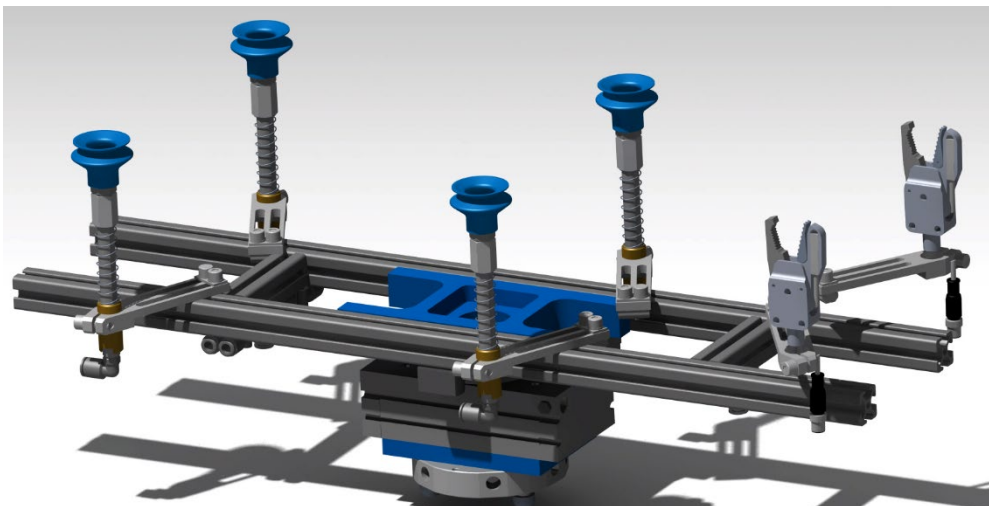


Imagen No.24: Dispositivo de sujeción en software

Cabe mencionar que de este dispositivo solo se fabricó la parte principal que es el armazón, los demás elementos son de importación, se compraron en el extranjero en Italia para ser precisos.

Posteriormente ya teniendo el dispositivo de sujeción y la base, se tiene que realizar en el software el ensamblaje para asegurarse que las dos piezas están en armonía, y así poder hacer las pruebas en producción.

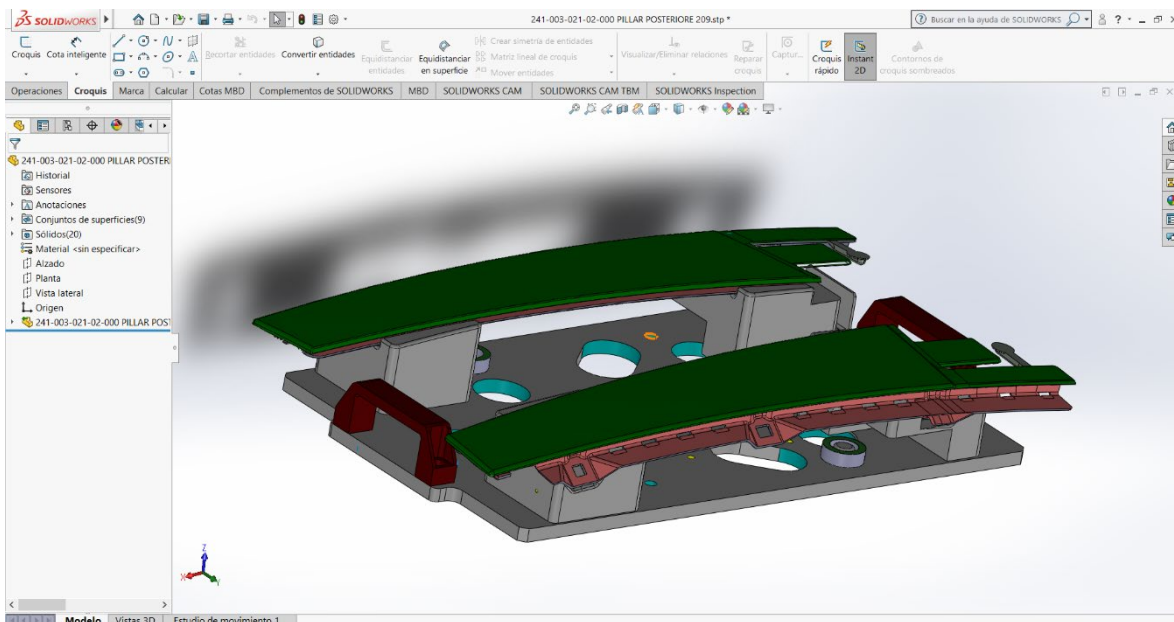


Imagen No.25: Ensamblaje de molduras y base

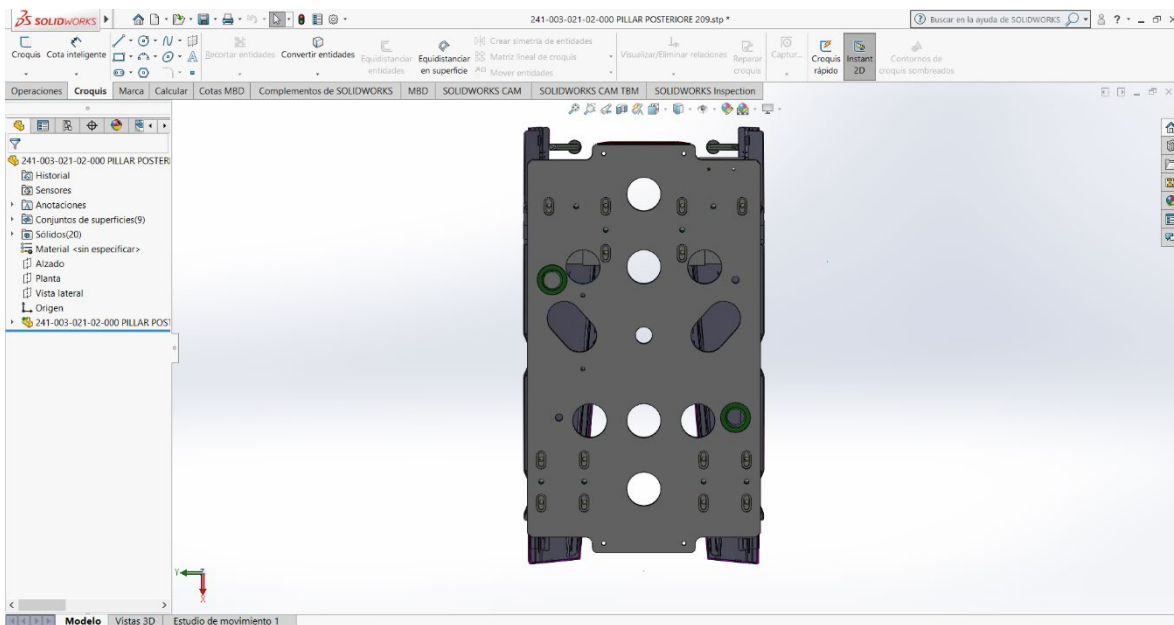


Imagen No.26: Ensamblaje con vista inferior

## Las diferentes vistas del ensamblaje

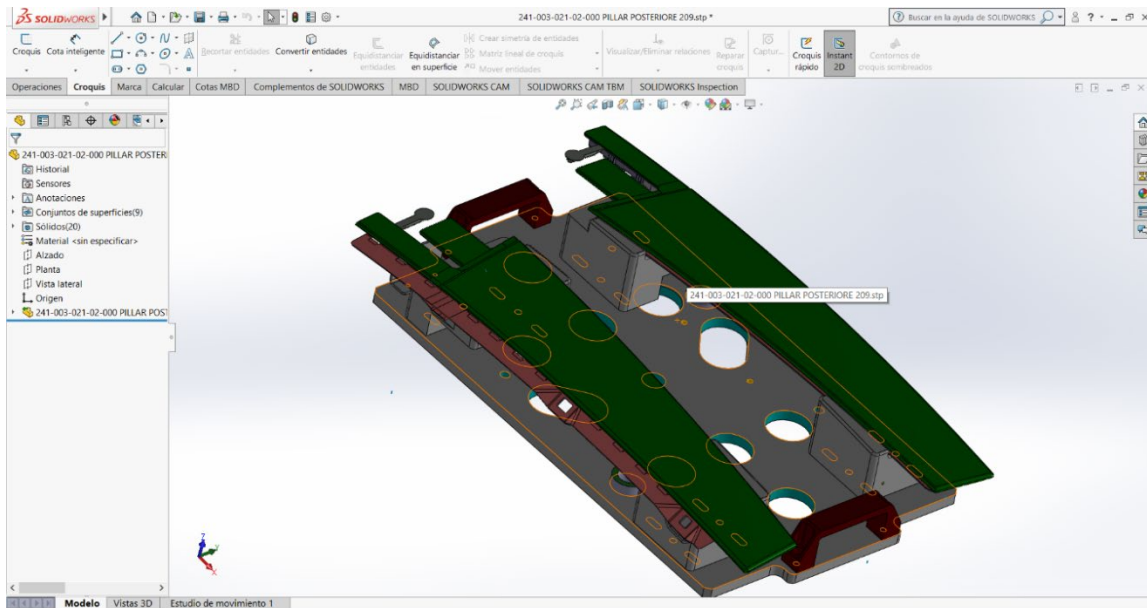


Imagen No.27: Ensamblaje con vista isométrica

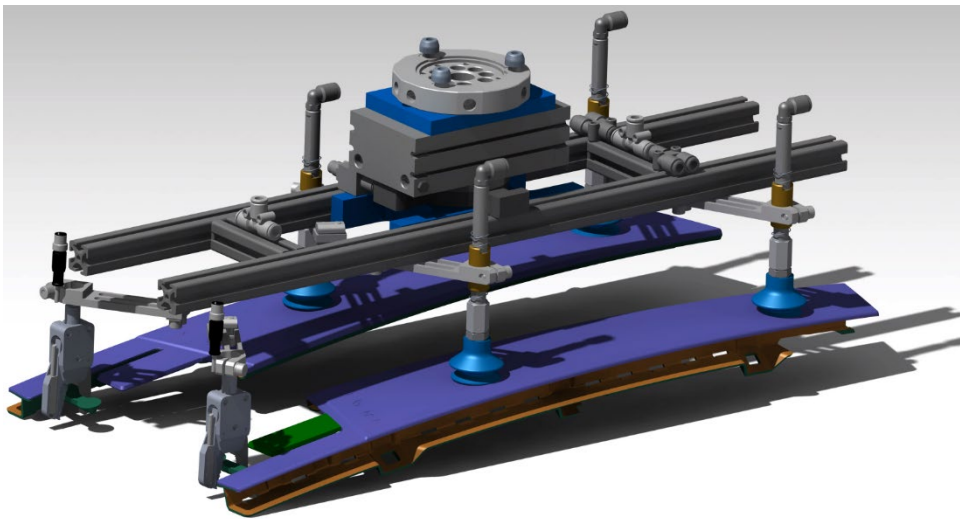
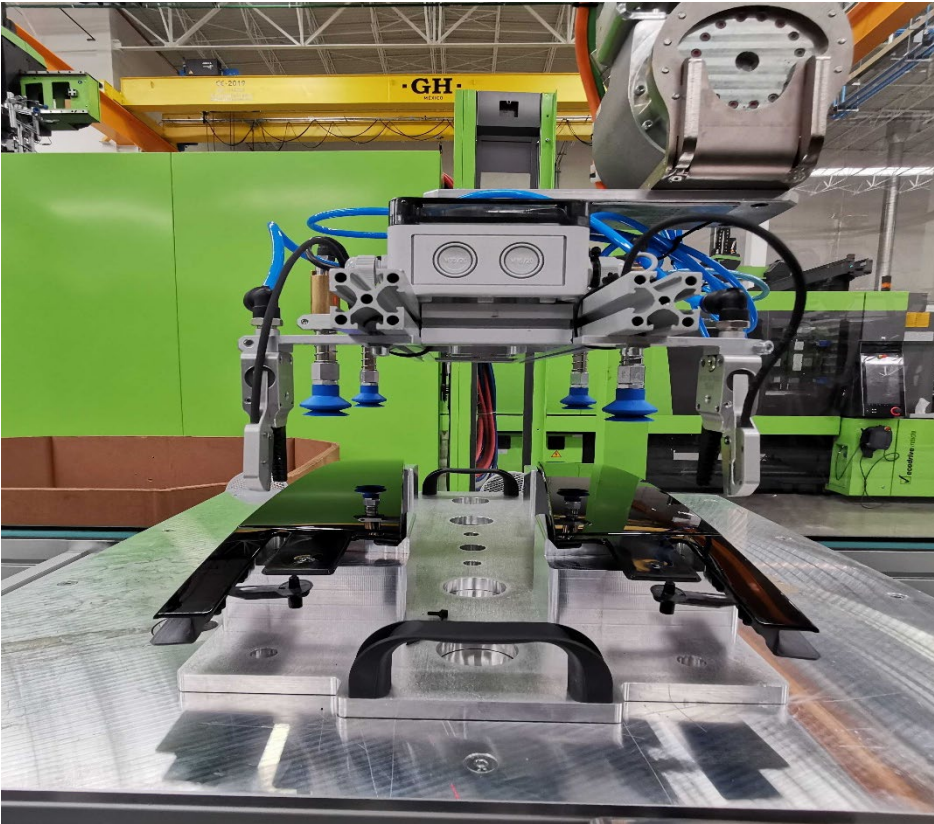


Imagen No.28: Dispositivo de sujeción con molduras sostenidas con ventosas



dispositivo de sujeción y molduras en conjunto

No.29: Imagen  
Base,

Teniendo todo en conjunto y montado podemos notar que ya está listo para probarlo en producción y poder obtener resultados, a continuación, la prueba que se hizo en el laboratorio.

## **Resultados**

Los resultados obtenidos son los esperados a continuación, un listado de ellos:

- La base donde se colocarán las molduras quedó a la medida.
- El dispositivo de sujeción realizó el movimiento en los 3 ejes y sostuvo la pieza satisfactoriamente.
- La rutina completa de todo el equipo está coordinada y listo para ejecutarse continuamente sin interrupciones.
- El objetivo de reducir tiempo muerto en producción se ha logrado, obteniendo un circuito que se repetirá hasta que el operador presione alto (stop), garantizando optimización de tiempo y costos.

## **Conclusión**

Con base a los objetivos planteados se consiguió resaltar lo importante, como la influencia que tiene el diseño en la industria, dejando claro que el diseño puede dar ese toque de calidad en los grandes procesos, brindando la seguridad de que se están realizando de forma correcta, eficiente y contando con una gran calidad.

Se consiguió resaltar lo crucial del CAD, ya que es una herramienta muy importante en el mundo de la ingeniería automotriz obteniendo tanta relevancia que influye en la aplicación de la técnica llamada ingeniería inversa.

Podemos decir que las metas planteadas del proyecto se alcanzaron, ya que mediante este trabajo dimos a conocer un método de diseño que funciona y se puede comprobar con la información presentada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

S.Kalpakjian S.R. Schmid Manufactura Ingeniería y Tecnología quinta edición Pearson Prentice Hall

<https://www.aceroslevinson.com/2016/11/que-es-el-maquinado/>

<https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/solidworks/por-que-el-cad-2d-sigue-siendo-importante/>

<https://contyquim.com/blog/importancia-de-la-industria-manufacturera-en-mexico>

<https://maquinadocnc.com.mx/la-importancia-de-la-calidad-del-maquinado-cnc/#:~:text=Mayor%20eficiencia%20y%20productividad,fresado%2C%20taladrado%2C%20entre%20otros.>

<https://blog.boltronic.com.mx/procesos-de-ensamble>

[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-7500/UCC7734\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-7500/UCC7734_01.pdf)

<https://www.inter2000mecanizados.com/post/catia-el-software-que-trasciende-la-tecnolog%C3%ADa-de-dise%C3%B1o-cad#:~:text=CATIA%20es%20capaz%20de%20crear,%2C%20chino%2C%20coreano%20y%20ruso.>

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

<https://www.bsigroup.com/es-MX/gestion-de-calidad-ISO-9001/>

<https://www.infinitiaresearch.com/noticias/diseño-industrial-definición-función>

<https://www.creaform3d.com/es/soluciones-de-metrologia/escaneres-3d-portatiles-handyscan-3d/especificaciones-tecnicas>

<https://www.creaform3d.com/es/soluciones-de-metrologia/escaneres-3d-portatiles-handyscan-3d>

<https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/cutting/about.jsp#:~:text=Maquinado%20se%20refiere%20al%20uso,de%20Maquinados%2C%20en%20s%C3%AD%20mismas.>

## **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

CAD: (Computer Aided Desing) Diseño asistido por computadora.

Software: conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Ingeniería inversa: Mejorar, corregir o duplicar piezas existentes.