



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**PROPUESTA DE DISEÑO DE HERRAMENTAL PARA EL
TANQUE DE AUDI Q5**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN MECATRONICA**

**PRESENTA:
DANIEL COCOLETZI MÉNDEZ**

**NOMBRE DEL ASESOR:
DR. JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ**



APIZACO, TLAX., JUNIO 2026

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud a Dios, por ser guía, fortaleza y compañía en cada etapa de este camino, gracias por permitirme llegar hasta este momento y convertir cada desafío y cada prueba en una oportunidad de aprendizaje y crecimiento.

A mis padres, Francisca Méndez Mendoza y en memoria de Martin Guillermo Cocoltzi Montiel.

A mi madre por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de este camino, gracias por acompañarme en cada etapa, por impulsarme a seguir adelante y por enseñarme que con constancia y dedicación los sueños pueden alcanzarse. Te Amo.

A mi padre, que hoy descansa en paz, pero cuya presencia siempre permanecerá en mi corazón, en mis recuerdos, en mis enseñanzas y en mis valores. Aunque no estas físicamente para compartir este momento, este logro lleva parte de ti y sé que desde el cielo te sientes orgulloso de mí. Gracias por el ejemplo, el amor y las lecciones que siguen guiando mi vida.

A mis hermanos Edgar, Martin, Guillermo y Ruth, gracias por acompañarme con su apoyo, consejos y ejemplos a lo largo de este trayecto, cada uno, a su manera, contribuyo a que este logro fuera posible y me enseñó el valor del esfuerzo, la perseverancia y el trabajo constante.

A mi hermano David Francisco, gracias por acompañarme durante este camino y por recordarme, incluso sin darte cuenta, la importancia de seguir creciendo y superándome día tras día. Tu acompañamiento ha sido una motivación constante para esforzarme más, dar un buen ejemplo y demostrar que con dedicación y perseverancia los objetivos se pueden alcanzar. Espero que este logro también te inspire a confiar en tus capacidades, perseguir tus metas y nunca dejar de creer en ti mismo. Gracias por compartir momentos, aprendizajes y por ser una parte importante en mi vida.

A mis sobrinos, Yuliana, Ana Paula, Santiago, Ximena, Abigail, Ana Vania y Regina, gracias por llenar cada momento con alegría, ocurrencias y sonrisas que hicieron más ligeros los días difíciles. Aunque quizá algunos aun no comprendan el significado de este logro, deseo que algún día puedan verlo como una muestra de que con esfuerzo, constancia y dedicación los sueños pueden alcanzarse, espero que este logro también los inspire a creer en ustedes mismos y a construir su propio camino con ilusión y determinación.

A mi abuela Julia Mendoza, que hoy descansa en el cielo, gracias por cada palabra de aliento desde pequeño, por creer en mí y por recordarme siempre la importancia de estudiar, prepararme y buscar un mejor futuro. Espero que, desde donde estés, te sientas orgullosa de verme cumplir una meta más, este logro también es para ti con todo mi amor, gratitud y recuerdo eterno.

A los docentes que han formado parte de cada etapa de mi vida estudiantil, desde el preescolar hasta la universidad, gracias por compartir sus conocimientos, experiencia y enseñanzas. Cada consejo, exigencia y aprendizaje contribuyo no solo a mi desarrollo académico, sino también personal. Agradezco el tiempo, la dedicación y el compromiso con el que guiaron mi camino y ayudaron a formar la persona y el profesional que hoy soy. Este logro también refleja una parte de todo lo aprendido de ustedes.

A mis amigos de toda la vida que han estado siempre, a los que me enseñaron a trabajar en equipo así como a quienes me apoyaron en cualquier momento sin importar la situación y a quienes, por diferentes motivos, hoy ya no forman parte del camino.

***“Y todo lo que hagan, de palabra o de hecho, háganlo todo en el nombre del
Señor Jesús, dando gracias por medio de Él a Dios el Padre”
(Colosenses 3:17)***

RESUMEN

El presente proyecto está centrado en el desarrollo de una herramienta eficiente y segura que permite realizar pruebas automáticas y controladas de hermeticidad, minimizando los errores humanos y asegurando una validación confiable de los tanques antes de su instalación en el vehículo. Para la elaboración de este herramental se propusieron 4 etapas, siendo la primera la selección de materiales donde los más relevantes fueron el Nylamid, acero inoxidable y aluminio por sus propiedades de resistencia y durabilidad. Posteriormente en la fase dos la cual corresponde al diseño del dibujo se elaboraron todos los planos en 2D y 3D utilizando software CAD para visualizar y optimizar el diseño del herramental. Para la fase número tres, ensamble final Se integraron actuadores neumáticos, sensores y electroválvulas en el diseño, asegurando su funcionalidad y precisión y finalizando con la fase 4, pruebas de hermeticidad, Se utilizó el equipo ATEQ F620 para realizar pruebas de hermeticidad, detectando y previniendo posibles fugas en los tanques.

El proyecto concluyó que el diseño de herramientas especializadas es fundamental para garantizar la calidad y seguridad de los tanques de agua automotrices. La implementación de sistemas neumáticos automatizados y el uso de tecnologías avanzadas como CAD optimizaron tanto la precisión de las pruebas como la eficiencia del proceso productivo. Esto no solo mejoró la calidad del producto final, sino que también incrementó la satisfacción del cliente, la competitividad de la empresa y la seguridad de los trabajadores. Este trabajo se realizó para abordar la necesidad de herramientas precisas y eficientes que garanticen la hermeticidad de los tanques de agua automotrices. La hermeticidad es crucial para evitar fugas que puedan comprometer la seguridad del vehículo y la satisfacción del cliente. Además, la implementación de estas herramientas busca mejorar la productividad, reducir errores humanos y asegurar el cumplimiento de normativas internacionales.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. ELEMENTOS PROTOCOLARIOS	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL RESIDENTE	3
1.2.1 <i>Visión</i>	4
1.2.2 <i>Misión</i>	4
1.2.3 <i>Breve descripción de la empresa</i>	4
1.2.4 <i>Área donde se realizaron las estadías profesionales</i>	5
1.2.5 <i>Puesto o área de trabajo del residente</i>	5
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.4 OBJETIVOS	7
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	8
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	9
1.6.1 <i>Alcances</i>	9
1.6.2 <i>Limitaciones</i>	9
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	10
2.1 MARCO CONCEPTUAL	10
2.1.1 <i>Diseño</i>	10
2.1.2 <i>CAD</i>	10
2.1.3 <i>CAM</i>	10
2.1.4 <i>Herramental</i>	10
2.1.5 <i>Prueba</i>	11
2.1.6 <i>Presión</i>	11
2.1.7 <i>Hermeticidad</i>	11
2.1.8 <i>Neumática</i>	11
2.1.9 <i>Pruebas de presión, hidrostáticas y neumáticas</i>	16

2.1.10 Sensores.....	16
2.1.11 Dispositivos digitales y protocolos de comunicación.....	20
2.1.12 Equipos de fugas	21
2.1.13 NYLAMID.....	22
2.1.14 Acero inoxidable	23
2.1.15 Aluminio	24
2.2 MARCO TEÓRICO	26
2.2.1 CAD/ CAM	26
2.2.2 Teorías que se implementan en los sistemas neumáticos.....	27
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	30
3.1 ETAPA 1: SELECCIÓN DE MATERIALES	30
3.1.1 Selección de Nylamid	30
3.1.2 Selección de acero inoxidable y aluminio a emplear	32
3.1.3 Selección de perfiles de aluminio	33
3.1.4 Selección de actuadores neumáticos	38
3.1.5 Selección de sensores.....	46
3.2 ETAPA 2: DISEÑO DEL DIBUJO	53
3.2.1 Diseño en 3D.....	53
3.2.2 Diseño en 2D	71
3.3 ETAPA 3: ENSAMBLE FINAL Y COLOCACIÓN DE ELECTROVÁLVULAS EN EL DISEÑO	72
3.4 ETAPA 4: SELECCIÓN DE LA PRUEBA A REALIZARSE.....	74
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL PROYECTO.....	77
5. SECCION DE DISCUSION	79
6. CONCLUSIONES.....	80
7. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	83
ANEXOS	84

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 etapas del proyecto	30
Fig. 2 perfil de aluminio de 60x60 tipo i	35
Fig. 3 perfil de aluminio de 60x60.....	35
Fig. 4 perfil de aluminio 20x20 con ranura 5	36
Fig. 5 perfil de aluminio 20x20 con ranura 5	36
Fig. 6 actuador neumático mxs 16-30	42
Fig. 7 actuador neumático mxs16-30	42
Fig. 8 actuador neumático cd55b20-20m	42
Fig. 9 actuador neumático cd55b20-20m	42
Fig. 10 actuador neumático mkb16-30lz	43
Fig. 11 actuador neumático mkb16-30lz	43
Fig. 12 actuador neumático mgqm25-50.....	43
Fig. 13 actuador neumático mgqm25-50.....	43
Fig.14 manifold ss5yz-42-07-02f-	44
Fig.15 manifold ss5yz-42-07-02f-	44
Fig. 16 electroválvula sy7320-5lz-02	44
Fig.17 electroválvula sy7320-5lz-02	44
Fig. 18 sensor inductivo m12 marca turck.....	50
Fig. 19 sensor inductivo m12	50
Fig. 20 sensor inductivo m8 dw-as-603-m8-001.....	51
Fig. 21 sensor inductivo m8 dw-as-603-m8-001.....	51
Fig. 22 sensor keyence lr-zb250cp.....	51

Fig. 23 sensor keyence lr-zb250cp.....	51
Fig. 24 eol	53
Fig. 25 eol vista frontal	53
Fig. 26 mesa intercambiable	53
Fig. 27 pieza mostrada desde una vista lateral	54
Fig. 28 propuesta de diseño de soporte inferior	54
Fig. 29 soporte inferior inicial	55
Fig. 30 soporte inferior con vaciado	55
Fig. 31 pieza con chaflán en los bordes para evitar daños	55
Fig. 32 pieza final	56
Fig. 33 vista inferior de soporte inferior de pieza.....	56
Fig. 34 pieza vista desde la parte inferior	56
Fig. 35 propuesta de diseño del soporte superior para el asentamiento de la pieza.....	57
Fig. 36 soporte superior inicial.....	57
Fig. 37 vista inferior de washer reseivoir	58
Fig. 38 soporte superior final	58
Fig. 39 perfil 60x60 de altura de 460mm	59
Fig. 40 perfil de 60x60 con un corte a 40 grados	59
Fig. 41 perfil de aluminio de 60x60x155	59
Fig. 42 base para perfil de 60x60x460	60
Fig. 43 base para perfil de 60x60 con corte de un angulo de 40°	60
Fig. 44 base con ranuras para encajonamiento en perfil de 60x60	60
Fig. 45 tapa de nylamid para perfiles	61

Fig. 46 vista lateral del presostato	61
Fig. 47 vista lateral del presostato	61
Fig. 48 base para sentamiento de actuador neumático mxs 16-30	62
Fig. 49 base para actuador neumático con vaciado en el interior	62
Fig. 50 base con perforaciones para tornillo m6 cabeza plana	62
Fig. 51 base para asentamiento de actuador neumático mgq 25-50.....	63
Fig. 52 diseño de base para unión entres boquilla y actuador neumático	63
Fig. 53 diseño de boquilla de suministro de aire.....	64
Fig. 54 boquilla en vista isométrica donde se observa la entrada de aire como la salida	64
Fig. 55 base para asentamiento de actuador neumático mkb 16-30 lz	65
Fig. 56 sujetador de pieza	65
Fig. 57 base para perfil de 20x20 que estará anclado al actuador neumático mxs 16-30.....	66
Fig. 58 perfil 20x20.....	66
Fig. 59 base que se va a anclar en el perfil de 20x20	67
Fig. 60 boquilla en vista isométrica donde se observa la entrada de aire como la salida	67
Fig. 61 base que se va a anclar en el perfil de 20x20	68
Fig. 62 base para sensor inductivo m12.....	68
Fig. 63 base que se va a anclar en el perfil de 20x20	68
Fig. 64 boquilla para realizar el accionamiento de taponamiento.....	69
Fig. 65 goma que se colocara en la boquilla de taponamiento	69
Fig. 66 perfil 20x20 sosteniendo un sensor keyence.....	70
Fig. 67 electroválvulas conectadas al manifold anclado al perfil de 60x60	72
Fig. 68 vista isométrica de ensamble general	73

Fig. 69 vistas del ensamble general	74
Fig. 70 parametros establecidos en ateq	76

INDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 TIPO DE PRUEBAS	16
TABLA 3.2 CLASIFICACIÓN DE SENSORES	17
TABLA 3.3 TEORÍAS CAD/CAM	27
TABLA 3.4 TEORIAS EN NEUMÁTICA	29
TABLA 4.1 CARACTERISTICAS DEL NYLAMID	31
TABLA 4.2 MATERIALES Y CARACTERISTICAS SIMILARES	32
TABLA 4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES DE ALUMINIO	34
TABLA 4.4 PERFILES DE ALUMINIO SELECCIONADOS	35
TABLA 4.5 CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL PERFIL	37
TABLA 4.6 SELECCION DE ACTUADORES NEUMATICOS	38
TABLA 4.7 COMPARACIÓN DE DIFERENTES MARCAS DE ACTUADORES	45
TABLA 4.8 SENSORES SELECCIONADOS	46
TABLA 4.9 COMPARACIÓN DE MARCAS DE SENSORES	52
TABLA 4.10 DISEÑO DE BASE DE HERRAMENTAL	53
TABLA 4.11 DISEÑO DE SOPORTE INFERIOR DE LA PIEZA	54
TABLA 4.12 DISEÑO DE SOPORTE SUPERIOR DE LA PIEZA	56
TABLA 4.13 DISEÑO DE PERFILES PARA SUJECCION DE SOPORTES	59
TABLA 4.14 DISEÑO DE BASES PARA PERFILES	60
TABLA 4.15 DISEÑO DE TAPAS PARA PERFIL Y BASE DE PRESOSTATO	61
TABLA 4.16 DISEÑO DE BASE PARA MXS 16-30	62
TABLA 4.17 DISEÑO DE BASES PARA PISTÓN MGQ 25-50 Y BOQUILLA	63
TABLA 4.18 DISEÑO DE BOQUILLA	64
TABLA 4.19 DISEÑO DE BASE PARA PISTÓN MKB 16-30 LZ	65
TABLA 4.20 DISEÑO DE SUJETADOR DE PIEZA	65

TABLA 4.21 DISEÑO DE BASE PARA PERFIL 20x20	66
TABLA 4.22 DISEÑO DE PERFIL 20x20	66
TABLA 4.23 DISEÑO DE BASES PARA SENSORES M12 Y SENSORES M8	67
TABLA 4.24 DISEÑO DE BASES PARA SENSORES M12 Y SENSORES M8 (CONTINUACIÓN)	68
TABLA 4.25 DISEÑO DE SOPORTE PARA CD55B20-20M.....	68
TABLA 4.26 DISEÑO DE BOQUILLA PARA TAPONAMIENTO DE BOMBA.....	69
TABLA 4.27 DISEÑO DE PERFIL PARA COLOCACIÓN DE SENSOR KEYENCE	70
TABLA 4.28 ENSAMBLE DE LAS ELECTROVÁLVULAS EN MANIFOLD.....	72
TABLA 4.29 ENSAMBLE FINAL.....	73
TABLA 4.30 VISTAS DEL ENSAMBLE FINAL	74
TABLA 4.31 PARAMETROS DE OPERACIÓN DEL ATEQ.....	75

1. INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz, la calidad y fiabilidad de los componentes son factores esenciales para garantizar el rendimiento y la seguridad de los vehículos. Uno de los elementos clave en los sistemas de limpieza de parabrisas son los tanques de agua, cuyo diseño y funcionamiento deben cumplir estrictamente con los estándares de hermeticidad para evitar fugas que puedan comprometer el desempeño del sistema y la seguridad del conductor. La presencia de fallas en la inspección o fabricación de estos tanques puede derivar en problemas de visibilidad durante la conducción, afectando negativamente la experiencia del usuario y la reputación de la marca. La inspección precisa y efectiva de estos tanques no solo garantiza que los componentes cumplan con los requisitos de calidad establecidos por las normativas internacionales, sino que también reduce el riesgo de fallos, mejora la productividad y protege la seguridad tanto de los vehículos como de los operarios encargados del proceso.

Además, se busca optimizar la ergonomía y seguridad del personal, así como reducir los tiempos de inspección y los costos asociados. El diseño del herramental implica el análisis de los requisitos técnicos necesarios, la selección de materiales adecuados, el modelado mediante software CAD, y la integración de un sistema neumático para realizar las pruebas de manera automática. A través de este enfoque, se espera mejorar los procesos de fabricación, cumplir con los estándares de calidad en la industria automotriz y aumentar la competitividad de la empresa en el mercado.

2. ELEMENTOS PROTOCOLARIOS

2.1. Antecedentes

El diseño de herramientas para pruebas de hermeticidad en la industria automotriz ha evolucionado a lo largo de las décadas, impulsado por la necesidad de garantizar la seguridad, eficiencia y calidad de los tanques de agua utilizados en los sistemas de limpieza de parabrisas. Los primeros tanques de agua eran estructuras simples, en su mayoría fabricadas con acero o plástico, y no existían procesos estandarizados para verificar exhaustivamente su hermeticidad. A medida que los sistemas de limpieza de parabrisas se hicieron más comunes y sofisticados, surgió la necesidad de asegurar la calidad y funcionalidad de estos componentes para evitar fugas que pudieran afectar la visibilidad del conductor y, por ende, la seguridad del vehículo.

Las primeras pruebas de hermeticidad consistían en procedimientos manuales rudimentarios, similares a los usados en otros componentes automotrices. Se sumergía el tanque en agua y se aplicaba aire comprimido para observar si aparecían burbujas, lo que indicaba la presencia de una fuga. Aunque este método era simple, resultaba impreciso y poco eficiente, especialmente cuando la industria comenzó a producir vehículos en masa. Con el crecimiento de la industria automotriz en las décadas de 1950 y 1960, se hizo necesario adoptar procesos de prueba más avanzados y confiables que pudieran implementarse en las líneas de producción. En este contexto, se introdujeron los sistemas neumáticos, que permitieron automatizar las pruebas de hermeticidad aplicando presión controlada dentro del tanque, lo que eliminó la necesidad de métodos manuales.

A partir de los años 70, con la adopción de materiales plásticos como el polietileno de alta densidad para los tanques de agua, surgieron nuevos desafíos en las pruebas de hermeticidad. Estos materiales, aunque ligeros y duraderos, requerían herramientas más precisas para detectar posibles defectos en el sellado. En las décadas de 1980 y 1990, la automatización de las líneas de producción impulsó la necesidad de herramientas adaptadas a estos procesos automáticos. El uso de robots industriales, sistemas de control numérico (CNC) y líneas de montaje integradas permitió el desarrollo de herramientas más sofisticadas capaces de realizar pruebas de hermeticidad de manera rápida y eficiente. El diseño asistido

por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM) jugaron un papel fundamental en esta evolución, ya que facilitaron la creación de herramientas personalizadas para cada modelo de tanque de agua, integrando sistemas neumáticos avanzados y tecnologías de sellado y detección de fugas. Esto optimizó los procesos de inspección y garantizó que los tanques cumplieran con los estándares de calidad y seguridad. Con el auge de los vehículos eléctricos e híbridos, han surgido nuevos desafíos en el diseño y la fabricación de tanques de agua, lo que ha impulsado la necesidad de continuar innovando en las herramientas de prueba de hermeticidad. Además, el uso de tecnologías de manufactura avanzada como la impresión 3D y los materiales compuestos ha abierto nuevas posibilidades para el desarrollo de herramientas aún más precisas y eficientes. El desarrollo de herramientas para pruebas de hermeticidad en los tanques de agua automotrices ha recorrido un largo camino, desde métodos manuales rudimentarios hasta sistemas automatizados altamente sofisticados. Este progreso ha sido esencial para garantizar la seguridad y calidad en la industria automotriz, y sigue siendo un área clave de innovación a medida que los vehículos y sus componentes continúan evolucionando.

2.2. Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente

- **Nombre:** Cebi industrias México SA de CV
- **Giro, ramo o sector:** Automotriz
- **Domicilio:** Calle Huamantla no. 15, ciudad industrial Xicoténcatl II, Huamantla, Tlaxcala.
- **C.P.:** 90500
- **RFC:** CIM140205JZ2
- **Teléfono:** 247 472 5150
- **Nombre del titular de la empresa:** Sergio Uras. Gerente General

2.2.1. Visión

Queremos formar profesionales más exigentes, con mayor capacidad de análisis crítico y que sean capaces de generar ideas innovadoras para dar solución a los problemas contemporáneos. Tener un equipo que nos permita satisfacer a nuestros clientes mediante el desarrollo, la manufactura y el suministro a tiempo de autopartes de manera eficaz y eficiente, con una buena rentabilidad que sustenta la renovación tecnológica, el crecimiento del personal dentro de la organización y el respeto al medio ambiente. Lo anterior para ser líderes internacionales en el diseño y la manufactura de componentes y sistemas para la industria automotriz, a través de la superación de los estándares de calidad y confiabilidad.

2.2.2. Misión

Nuestra misión en CEBI México es fabricar sustentablemente partes automotrices exteriores además de componentes de línea blanca, que excedan los requisitos y expectativas de calidad de todas las partes interesadas y de nuestros clientes.

2.2.3. Breve descripción de la empresa

CEBI es un grupo de empresas especializado en el sector automotriz con sede en Luxemburgo, con 11 plantas de producción, 6 compañías de ventas, 7 departamentos de ingeniería y desarrollo, 260 empleados en ingeniería y desarrollo al igual más de 2500 empleados en todo el mundo, con cerca de 500 millones de dólares en facturación anual. CEBI es líder mundial en la fabricación de diversos componentes que están repartidos en más de 35 tipos de familias. Además del sector automotriz que representa casi 80% de la actividad del Grupo, CEBI es también proveedor de partes para el sector electrodoméstico. Grupo CEBI está a la vanguardia de la innovación, la automatización avanzada, la fuerte integración vertical del proceso de producción y el desarrollo de productos demuestran el compromiso con el rendimiento para servir mejor a sus clientes.

2.2.4. Área donde se realizaron las estadías profesionales

Departamento de mantenimiento dentro de la empresa CEBI INDUSTRIAS MÉXICO S.A de C.V.

2.2.5. Puesto o área de trabajo del residente

El área de mantenimiento se encarga de utilizar efectivamente las instalaciones (físicas o abstractas) existentes de una organización, estableciendo sistemáticamente un servicio técnico que resulte eficiente, eficaz, seguro y económico de todos los activos industriales. El departamento de mantenimiento pone en marcha actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás componentes activos, de las diferentes instalaciones de una empresa. Un técnico de mantenimiento industrial es alguien que repara, mejora y mantiene maquinaria y equipos industriales. Realizan trabajos de mantenimiento de forma programada o de emergencia, al tiempo que supervisan las condiciones de funcionamiento de todos los equipos a los que están destinados.

2.3. Planteamiento del problema

El diseño de herramientas especializadas para la revisión de los tanques de agua que se utilizan en los sistemas de limpieza de parabrisas en automóviles como el Audi Q5 es uno de los aspectos clave en el proceso de fabricación y control de calidad de estos componentes. Los tanques de agua juegan un papel esencial en la operación eficiente y segura del sistema de limpieza, y su correcta funcionalidad depende en gran medida de que sean herméticos, es decir, que no presenten fugas que puedan comprometer su rendimiento. Para garantizar esta hermeticidad, es necesario contar con herramientas de inspección y revisión precisas que sean capaces de detectar defectos o posibles fallos en el sellado de los tanques antes de ser instalados en el vehículo. La ausencia de herramientas adecuadas para la realización de pruebas de hermeticidad puede derivar en errores durante la inspección, incrementando el número de tanques defectuosos que llegan al mercado.

La presencia de estos problemas se ve reflejada en el funcionamiento deficiente del sistema de limpieza de parabrisas, lo que afecta la visibilidad del conductor y, por ende, la seguridad del vehículo. Además, la calidad del tanque influye directamente en la satisfacción del cliente, la reputación de la marca y la competitividad dentro de la industria automotriz. En un mercado altamente competitivo, cualquier defecto en la calidad del producto tiene consecuencias graves para el fabricante, desde retiros masivos de vehículos hasta demandas legales costosas. Otro aspecto crucial en este proceso es la seguridad del trabajador encargado de la fabricación y revisión de los tanques de agua. El uso de herramientas defectuosas o inadecuadas puede exponer a los operarios a riesgos laborales significativos, como accidentes derivados de fallos en los equipos de prueba. Por lo tanto, el diseño de herramientas seguras y eficientes para realizar las pruebas de hermeticidad no solo impacta en la calidad del producto final, sino también en la protección del personal involucrado en la producción. Además, el desarrollo de herramientas que sean seguras y ergonómicas optimiza la eficiencia de los procesos de revisión, disminuyendo el tiempo de inspección y minimizando los errores humanos, lo que contribuye a mejorar la productividad y reducir los costos asociados al proceso. En la industria automotriz, donde los estándares de calidad y seguridad son cada vez más rigurosos y estrictos, contar con equipos bien diseñados para la revisión de

componentes críticos, como los tanques de agua para los sistemas de limpieza de parabrisas, es vital para cumplir con las normas internacionales y asegurar la fiabilidad del producto.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo funcional del herramental basado en el diseño existente para realizar la detección de componentes y de realizar la prueba de hermeticidad a través de maquinados y sistemas neumáticos en una empresa de partes automotrices en el estado de Tlaxcala.

2.4.2. Objetivos específicos

- Seleccionar los materiales adecuados para la fabricación del prototipo, asegurando que cumplan con los requisitos.
- Realizar un análisis técnico del diseño para identificar posibles mejoras y optimizaciones que garanticen la hermeticidad del prototipo.
- Fabricar el prototipo utilizando técnicas y herramientas apropiadas, asegurando que el proceso de fabricación mantenga la hermeticidad del producto final.
- Probar y evaluar el prototipo mediante pruebas en condiciones reales de uso para verificar su desempeño y realizar ajustes necesarios.

2.5. Justificación

El diseño de herramientas especializadas para la realización de pruebas de hermeticidad en la industria automotriz es crucial debido a los altos estándares de calidad y seguridad exigidos en la fabricación de componentes críticos, como los tanques de combustible. La hermeticidad es un factor fundamental para el funcionamiento seguro de los vehículos, ya que cualquier fuga de combustible puede resultar en graves accidentes, poniendo en riesgo la vida de los usuarios y la integridad del vehículo, algunas de las ventajas de realizar este herramental son las siguiente: En el área de seguridad, se busca garantizar la hermeticidad de los tanques de combustible para prevenir fugas que podrían causar incendios o explosiones. Por la parte de calidad, es asegurar que los componentes cumplan con las normativas y estándares internacionales de seguridad automotriz y para la eficiencia es mejorar la precisión y confiabilidad de las pruebas de hermeticidad, optimizando los procesos de producción y reduciendo tiempos de inspección.

Por otra parte, uno de los puntos negativos son los costos, pues el diseño y fabricación de herramientas especializadas es costoso, además de complejo ya que requiere conocimientos técnicos avanzados y recursos específicos que no todas las empresas pueden tener. Con base a lo anterior, las consecuencias de no hacerlo, en términos de seguridad se notaría en el aumento de la probabilidad de accidentes graves debido a fugas de combustible así como las pérdidas económicas, pues se ven involucrados los costos asociados a retiros de productos, reparaciones y posibles litigios. Si hay pérdidas, ¿qué pasa?, esto se vería reflejado en un Impacto financiero, ya que las pérdidas económicas pueden ser significativas debido a la necesidad de retirar productos defectuosos y realizar reparaciones, el daño a la marca, pues una de las cosas que se pierde es la confianza de los consumidores Por estas razones, el diseño de herramientas no solo permite mejorar la precisión y confiabilidad de las pruebas de hermeticidad, sino que también optimiza los procesos de producción, minimizando el riesgo de errores humanos y asegurando una mayor consistencia en los resultados. Además, el uso de sistemas neumáticos y maquinados en estos herramientas aumenta la eficiencia en la aplicación de la presión requerida para las pruebas, permitiendo detectar fugas con mayor exactitud.

2.6. Alcances y limitaciones

2.6.1. Alcances

- Mejora de la seguridad: Los herramentales diseñados adecuadamente garantizan que los tanques de agua automotrices sean completamente herméticos, reduciendo el riesgo de accidentes por fugas.
- Cumplimiento normativo: Asegura que los productos cumplan con las normativas internacionales de calidad y seguridad exigidas en la industria automotriz, evitando multas o sanciones regulatorias.
- Optimización de procesos: Un diseño eficiente permite agilizar las pruebas de hermeticidad, incrementando la productividad y reduciendo el tiempo y costos de inspección.
- Disminución de defectos: Herramentales bien diseñados ayudan a detectar fallos en etapas tempranas del proceso de fabricación, lo que reduce las tasas de productos defectuosos y retrabajos.
- Mejora de la calidad del producto final: Al asegurar la hermeticidad de los tanques, se incrementa la confianza en el producto final, mejorando la satisfacción del cliente y la reputación de la marca.

2.6.2. Limitaciones

- Costo inicial de desarrollo: El diseño y fabricación de herramentales especializados requieren una inversión inicial significativa en términos de materiales, ingeniería y pruebas de prototipo.
- Mantenimiento y calibración: Los herramentales, especialmente aquellos que involucran sistemas neumáticos y componentes precisos, requieren un mantenimiento y calibración periódicos para asegurar su funcionamiento adecuado a lo largo del tiempo.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Diseño

El diseño es el proceso de creación, desarrollo y planificación de un producto, sistema o solución. En ingeniería y manufactura, el diseño implica concebir las características funcionales y estéticas de un objeto para cumplir con requisitos específicos. El diseño técnico incluye el análisis de las dimensiones, materiales, componentes, y funcionamiento del producto, lo que puede llevarse a cabo utilizando herramientas como el CAD para optimizar el proceso.

3.1.2. CAD

Computer-Aided Design (CAD) es una tecnología utilizada en ingeniería, arquitectura y manufactura que permite la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño utilizando herramientas informáticas. Con software CAD, los diseñadores pueden crear modelos tridimensionales (3D) o bidimensionales (2D), visualizar prototipos, y hacer simulaciones antes de la fabricación real.

3.1.3. CAM

Computer-Aided Manufacturing (CAM) es una tecnología que utiliza software para controlar las máquinas y herramientas en un proceso de manufactura. A menudo se integra con sistemas CAD para automatizar la fabricación de productos complejos. CAM permite la traducción de modelos diseñados en CAD en instrucciones que controlan equipos como máquinas CNC (control numérico computarizado), impresoras 3D, o cortadoras láser.

3.1.4. Herramental

El herramental se refiere a las herramientas, dispositivos, moldes, matrices, y accesorios utilizados en el proceso de fabricación para dar forma, ensamblar o verificar componentes. Los herramentales se diseñan específicamente para facilitar la producción de piezas en serie, mejorar la precisión y asegurar la consistencia en los productos manufacturados. Incluyen moldes para inyección de plástico, troqueles para estampado de metal, y dispositivos de sujeción.

Tipos de Herramental:

- Moldes y matrices: Para dar forma a piezas durante procesos como inyección de plásticos o fundición de metales.
- Dispositivos de sujeción: Para mantener piezas en posición durante operaciones de maquinado.
- Herramentales de inspección: Para verificar la calidad, como los dispositivos para pruebas de hermeticidad.

3.1.5. Prueba

Experimento o análisis destinado a verificar una hipótesis o teoría.

3.1.6. Presión

Es la fuerza que se ejerce sobre una superficie por unidad de área. Se mide en Pascales (Pa) o atmósferas (atm), entre otras unidades.

3.1.7. Hermeticidad

La hermeticidad es la propiedad de un sistema o componente que asegura que no permite la entrada o salida de gases o líquidos, garantizando un sellado completo. En el contexto industrial, la hermeticidad es crucial en componentes como tanques de combustible, envases de productos químicos o dispositivos electrónicos, para evitar fugas que puedan causar riesgos de seguridad, contaminación o mal funcionamiento.

Pruebas de Hermeticidad

Para verificar la hermeticidad, se realizan pruebas de presión en las que se aumenta la presión interna del sistema para asegurarse de que no haya fugas. También pueden realizarse pruebas en vacío para verificar que el sistema no permite la entrada de aire o líquidos.

3.1.8. Neumática

La neumática es una rama de la ingeniería que se centra en el uso de gases, generalmente aire comprimido, para generar movimiento o fuerza mecánica en diferentes aplicaciones industriales y sistemas automáticos. Los sistemas neumáticos son ampliamente utilizados en la automatización de procesos industriales, en máquinas herramientas, controles de

movimiento, y en equipos como prensas, actuadores, y robots, ya que ofrecen una forma eficaz, limpia y segura de manipular maquinaria y realizar trabajos mecánicos.

Aire comprimido: El aire comprimido es aire que ha sido presurizado a un volumen más pequeño de lo normal. Este proceso se utiliza para aumentar la densidad del aire, permitiendo que se almacene y se utilice en diversas aplicaciones. Algunas características y usos del aire comprimido incluyen:

- **Producción de energía:** Se utiliza en herramientas neumáticas, como taladros, llaves de impacto y pistolas de clavos.
- **Sistemas de refrigeración:** En algunos sistemas, el aire comprimido puede ser parte del proceso de enfriamiento.
- **Transporte de materiales:** Se usa para mover materiales a través de tubos en sistemas de transporte neumático.
- **Aire acondicionado y climatización:** En sistemas que utilizan compresores para enfriar el aire.

Sistema neumático: Un sistema neumático es un sistema que utiliza aire comprimido para transmitir y controlar energía. Estos sistemas son ampliamente utilizados en la automatización industrial, la maquinaria y otras aplicaciones donde se requiere movimiento o fuerza. Los componentes principales de un sistema neumático incluyen:

- **Compresor:** Genera aire comprimido al reducir el volumen de aire y aumentar su presión.
- **Tanque de almacenamiento:** Almacena el aire comprimido para su uso posterior. Ayuda a mantener una presión constante y proporciona un suministro de aire cuando se necesita.
- **Filtros:** Eliminan impurezas y humedad del aire comprimido para proteger otros componentes del sistema.
- **Reguladores:** Controlan la presión del aire comprimido que se envía a las diferentes partes del sistema.

- **Válvulas:** Controlan el flujo de aire dentro del sistema, permitiendo abrir, cerrar o dirigir el aire a diferentes componentes, incluso pueden funcionar a través de pulsos mediante señales enviadas desde el PLC, pueden ser:
 - ❖ Válvulas de control de dirección
 - ❖ Válvulas de control de caudal
 - ❖ Válvulas de control de presión
 - ❖ Electroválvulas de mando directo
 - ❖ Electroválvulas de mando indirecto
 - ❖ Servoasistidas (o autoalimentadas)

Para seleccionar una válvula neumática hay que considerar los siguientes aspectos:

- **Número de vías:** De esta forma llamaremos al número de orificios controlados en la válvula, exceptuando los de pilotaje. Podemos así tener 2, 3, 4, 5 o más vías. No es posible tener menos de 2 vías.
- **Posiciones:** Es el número de posiciones estables del elemento de distribución. Pueden tener válvulas de 2, 3, 4 o más posiciones. No es posible tener un número de menos de 2 posiciones.
- **Caudal:** Se calcula a partir del flujo. Es el volumen de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo.
- **Sistemas de accionamiento:** Una característica importante de toda válvula es su clase de accionamiento o mando, debido a que, de acuerdo con ello, dentro de la cadena de mando de un equipo neumático, se la emplea como elemento emisor de señal, órgano de control o de regulación. (Micro Automation, 2021)

Cilindros neumáticos: Dispositivos que convierten la energía del aire comprimido en movimiento lineal. Se utilizan para realizar trabajos mecánicos, como levantar o mover objetos.

Mangueras y tuberías: Transportan el aire comprimido desde el compresor y otros componentes hasta los actuadores y herramientas.

Actuadores: Pueden ser cilindros o motores neumáticos que realizan el trabajo mecánico basado en la presión del aire, estos pueden ser:

- Actuadores neumáticos eléctricos

- Actuadores neumáticos lineales de simple efecto y doble efecto
- Actuadores neumáticos de giros
- Actuadores de neumáticos de giros limitados

Estos sistemas son valorados por su eficiencia, facilidad de mantenimiento y capacidad para generar fuerza sin necesidad de electricidad en algunas aplicaciones. Algunos actuadores que se emplearon en este proyecto se describen a continuación, posteriormente en el desarrollo del proyecto se presenta una explicación de su aplicación.

- **MXS 16-30**

Las aplicaciones que requieren movimientos precisos de entre 10 y 150 mm* suelen requerir un cilindro y una guía de precisión. El MXS logra esto integrando un rodamiento de rodillos transversales con una guía y dos pequeños cilindros de aire para una generación de fuerza compacta. El MXS está disponible en seis tamaños, cada uno con longitudes de carrera establecidas y es estándar con capacidad de cambio magnético. Los ajustes de carrera están disponibles para extender, retraer o ambos en rangos de 0-5 mm, 0-15 mm y 0-25 mm. Además, hay muchas otras opciones estándar que incluyen amortiguadores, bloqueo final, tuberías axiales y amortiguadores.

- **CD55B20-20M**

Los cilindros operados por aire de doble efecto C55 fueron diseñados para satisfacer una amplia gama de aplicaciones de máquinas de automatización. La serie C55 logra un excelente rendimiento de carga gracias a sus exclusivos topes de goma, anillo de desgaste del pistón y buje de varilla. Las opciones de montaje estandarizadas cumplen con ISO 21287 y 6431.

- Cumple con la norma ISO 21287
- Diámetros de 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 y 100 mm
- Gran rango de carrera desde 5mm hasta 150 mm
- La construcción es similar a la especificación actual de resistencia a cargas laterales CQ2.
- La construcción con anillo elástico permite un mantenimiento fácil y rápido

- Los detectores magnéticos se pueden montar en cualquiera de los cuatro lados del tubo del cilindro.

- **MKB16-30LZ**

Accionadores de abrazadera giratoria de doble acción, que funcionan con aire comprimido filtrado y lubricado. La barra de pistón se rota a través 90 ° cómo extiende o contrae, y se puede utilizar para afianzar con abrazadera usando el brazo opcional. Todos los cilindros tienen un movimiento de 20mm

- **MGQM25-50**

La solución para un actuador lineal sujeto a altas cargas. Ideal para aplicaciones de manipulación de materiales. Dos modelos básicos incluyen un casquillo deslizante auto lubricante y un estilo de rodamiento lineal de bolas. El modelo de casquillo deslizante de 100 mm puede detener una carga de 3000 libras. Viajando a 55 pies/min, o levante suavemente una carga centrada de 1,000 lbs. Con un factor de seguridad del 40%. El paquete general es muy compacto y los orificios de montaje pre roscados garantizan una fácil fijación de los accesorios. Se monta en el lateral o en la parte inferior. El MGQ ofrece tamaños de orificio de 12 a 100 mm y tiene capacidad para cambiar.

- **SS5YZ-42-07-02F-Q-MANIFOLD**

SMC ha mejorado el rendimiento y la confiabilidad del producto con la válvula rediseñada de la serie SY. Los modelos SY3000 y SY5000 tienen el mismo ancho de válvula que sus predecesores, pero el flujo se ha aumentado hasta en un 80%, lo que permite reducir el tamaño de la válvula. Un filtro incorporado en la válvula piloto evita problemas causados por materias extrañas. Al utilizar material de sellado H-NBR para la válvula principal y los sellos, se ha mejorado la resistencia al ozono. Las direcciones de puerto/tubería laterales, superiores e inferiores están disponibles para permitir una instalación flexible. El SY está disponible en estilos con puerto en el cuerpo o montaje en base, y se puede utilizar individualmente o montado en colector.

- **SY7320-5LZ-02**

La Serie SY ofrece importantes avances en el rendimiento de las válvulas para soluciones rentables a sus necesidades. La serie ofrece alto flujo con bajo consumo de energía en un diseño compacto. El SY está disponible en estilos con puerto en el cuerpo o montaje en base y se puede usar individualmente o montado en colector.

3.1.9. Pruebas de presión, hidrostáticas y neumáticas

En la tabla 3.1, se presentan las definiciones de pruebas de presión, pruebas neumáticas y pruebas hidrostáticas.

Tabla 3.1 Tipo de pruebas

Pruebas de presión	Pruebas neumáticas	Pruebas hidrostáticas
Este tipo de pruebas son cruciales en la fabricación de equipos y sistemas para uso industrial. Su aplicación asegura que los componentes inspeccionados operen adecuadamente sin representar un riesgo para el personal y las instalaciones donde se implementen. En realidad, se recomiendan a lo largo de la vida útil de los equipos y sistemas. (Maxipress Tec, 2022)	Se llevan a cabo con aire como medio de prueba para corroborar la integridad estructural de recipientes de transporte, tuberías u otros medios de contención industrial. (Maxipress Tec, 2022)	Implica la inyección de líquido (usualmente agua), en el sistema de tuberías para corroborar la presencia de fallas estructurales que posibiliten la aparición de fugas. (Maxipress Tec, 2022)

Fuente: Elaboración propia

3.1.10. Sensores

Los sensores son dispositivos que detectan y responden a estímulos o cambios físicos del entorno, convirtiéndolos en señales eléctricas o digitales. Se usan ampliamente en sistemas de control, automatización, robótica, dispositivos médicos, y más. Existen diversos tipos de sensores, clasificados según el fenómeno que detectan, como se describe a continuación en la tabla 3.2Clasificación de sensores.

Tabla 3.2 Clasificación de sensores

Tipo de sensor	Clasificación y características
Sensores de posición Detectan la posición de un objeto en un espacio determinado	Sensor inductivo: Detecta objetos metálicos sin contacto. Ej: Sensor NI10U-M12-AP6X-H1141. Sensor capacitivo: Detecta materiales no metálicos como líquidos o plásticos. Encoder: Convierte la posición rotacional o lineal en una señal digital o analógica.
Sensores de proximidad Detectan la presencia o ausencia de un objeto cerca del sensor	Sensor inductivo: Para objetos metálicos (distancias cortas). Sensor capacitivo: Para objetos no metálicos (líquidos, plásticos, etc.). Sensor de ultrasonido: Emite ondas sonoras y detecta la proximidad de objetos por el tiempo que tarda en volver la onda reflejada. Sensor óptico: Detecta la presencia de objetos usando luz (emisor y receptor de luz).
Sensores de temperatura Miden la temperatura de un entorno o de un objeto.	Termopar: Genera un voltaje dependiendo de la diferencia de temperatura entre dos puntos. Termistor: Cambia su resistencia con la temperatura. RTD (Resistance Temperature Detector): Cambia su resistencia en función de la temperatura, más preciso que el termistor. Sensor infrarrojo (IR): Detecta la radiación térmica emitida por los objetos.

Tabla 3.2 Clasificación de sensores (Continuación)

Tipo de sensor	Clasificación y características
Sensores de presión Miden la presión de gases o líquidos.	Sensor piezoeléctrico: Genera un voltaje cuando se aplica presión. Manómetro: Mide la presión relativa a la presión atmosférica. Transductor de presión: Convierte la presión en una señal eléctrica proporcional.
Sensores de flujo Miden el flujo de líquidos o gases	Caudalímetro: Mide la velocidad del flujo de un líquido o gas a través de un tubo. Turbina: Detecta el flujo usando un rotor que gira al paso de un fluido.
Sensores de luz Detectan la cantidad de luz presente o emiten y detectan señales de luz.	Fotodiodo: Convierte la luz en corriente eléctrica. LDR (Light Dependent Resistor): Su resistencia cambia con la intensidad de la luz. Sensor óptico: Utiliza un emisor y un receptor de luz para detectar objetos.
Sensores de movimiento Detectan movimientos o cambios en la posición.	Sensor de infrarrojos pasivos (PIR): Detecta cambios en el calor infrarrojo cuando un cuerpo en movimiento atraviesa el área. Acelerómetro: Mide la aceleración y los cambios de posición. Giroscopio: Mide la orientación o velocidad angular de un objeto.
Sensores de humedad Miden la cantidad de humedad en el aire o un entorno específico.	Higrómetro capacitivo: Detecta la humedad midiendo la capacidad de un material que cambia con la humedad. Sensor de humedad resistivo: La resistencia del sensor cambia dependiendo de la humedad presente.
Sensores de gases Detectan la presencia y concentración de gases en el aire.	Sensor MQ-2: Detecta gases inflamables como propano, metano, butano, hidrógeno. Sensor de dióxido de carbono (CO₂): Detecta la concentración de CO ₂ en un entorno. Sensor de monóxido de carbono (CO): Mide la cantidad de monóxido de carbono en el aire

Tabla 3.2 Clasificación de sensores (Continuación)

Tipo de sensor	Clasificación y características
Sensores de fuerza y carga Miden la fuerza aplicada a un objeto.	Celdas de carga: Miden la fuerza de compresión o tracción, generando una señal eléctrica proporcional. Sensores piezorresistivos: Cambian su resistencia cuando se les aplica fuerza.
Sensores acústicos Detectan sonidos o vibraciones.	Micrófono: Convierte el sonido en señales eléctricas. Sensor piezoeléctrico: Detecta vibraciones en una superficie y genera una señal proporcional.
Sensores magnéticos Detectan campos magnéticos o cambios en ellos	Sensor de efecto Hall: Detecta la presencia de campos magnéticos. Interruptor magnético Reed: Se activa cuando un campo magnético está presente.
Sensores de imagen Capturan imágenes y convierten la luz en señales electrónicas.	Cámaras CMOS: Utilizadas en cámaras digitales y sistemas de visión artificial. Cámaras CCD: Utilizadas en aplicaciones de mayor calidad de imagen, como en astronomía.

Fuente: Elaboración propia

Cada tipo de sensor está diseñado para una función específica y se selecciona con base a la función del fenómeno que se quiere medir o controlar en una aplicación particular.

3.1.11. Dispositivos digitales y protocolos de comunicación

Controlador lógico programable (PLC)

Un PLC es un dispositivo digital programable que se utiliza para controlar maquinaria y procesos industriales. Funciona mediante la recepción de señales de entrada, procesamiento de datos y envío de señales de salida para operar equipos como motores, válvulas y luces, sus principales características:

- Programabilidad: Se puede programar para realizar diversas tareas y lógica de control.
- Confiabilidad: Diseñado para operar en entornos industriales rigurosos.
- Interfaz: Se conecta a diferentes dispositivos mediante protocolos como Modbus, Ethernet/IP o PROFIBUS.

Protocolos de comunicación

Modbus

Un protocolo de comunicación de serie que permite la comunicación entre dispositivos en una red. Es simple y se utiliza comúnmente en sistemas de control industrial. Existen variantes como Modbus RTU (utiliza comunicación serie) y Modbus TCP (funciona sobre Ethernet).

Ethernet/IP:

Un protocolo que utiliza la tecnología Ethernet para la comunicación en tiempo real. Es ampliamente utilizado en la automatización industrial y permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes. Sus características son:

- Admite la comunicación de datos de control y supervisión, lo que lo hace ideal para redes industriales.

Profibus

Un protocolo de comunicación utilizado en la automatización de procesos y control de manufactura. Puede operar en redes de bus de campo, permitiendo la conexión de múltiples dispositivos. Sus variantes:

- PROFIBUS DP (para comunicación rápida en el control de dispositivos de campo)
- PROFIBUS PA (diseñado para aplicaciones de automatización de procesos).

3.1.12. Equipos de fugas

El equipo de prueba de fugas es esencial en aplicaciones industriales para verificar la hermeticidad de productos o componentes, especialmente en sectores como el automotriz, aeroespacial, farmacéutico y de manufactura.

ATEQ F620

Es equipo de prueba de fugas utilizado en aplicaciones industriales para verificar la hermeticidad de productos o componentes. Este tipo de dispositivo se emplea para detectar pequeñas fugas de aire o gas en productos que deben mantener un sello hermético.

INFICON LDS3000

Este sistema de detección de fugas utiliza tecnología de helio para identificar pequeñas fugas en componentes. Es comúnmente empleado en la industria automotriz y electrónica para asegurar la integridad de piezas selladas.

COSMO INSTRUMENTS LS-R700

Un equipo de prueba de fugas basado en presión diferencial. Es usado para detectar fugas de aire en una variedad de aplicaciones industriales, incluyendo componentes de automóviles, electrodomésticos y dispositivos médicos.

PFEIFFER VACUUM ASM 340

Detector de fugas basado en helio que se utiliza en pruebas de vacío y a presión. Es muy utilizado en la industria de semiconductores y en pruebas de componentes aeroespaciales.

TQC SHEEN LD6000

Este equipo de prueba de fugas se emplea en aplicaciones de empaque, como la detección de fugas en bolsas y sellos de productos farmacéuticos y alimenticios.

LACO Technologies Titan Test Series

Equipos de prueba de fugas de alta precisión que utilizan aire o gas trazador como el helio para aplicaciones en la industria aeroespacial, médica y automotriz. Puede operar en pruebas a presión o vacío.

USON QUALITEK MR

Sistema de prueba de fugas de aire con tecnología de presión diferencial. Es utilizado en la industria automotriz para comprobar la hermeticidad de componentes como tanques de combustible, válvulas y sistemas de frenos.

3.1.13. NYLAMID

El Nylamid proviene de la familia de las poliamidas (FA) o nylon. Es una combinación de distintas propiedades mecánicas y eléctricas que producen un material resistente similar al plástico. Contiene gran resistencia a la abrasión, tiene ligereza, es posible contarle en variedad de presentaciones y muchas ventajas más. Es el material por excelencia para la fabricación de diversas piezas de usos múltiples.

Tipos de Nylamid

- **El Nylamid M (Mecánico) de color hueso:** El más destacado y utilizado en la industria. Cuenta con todas las características generales del Nylamid. Sin embargo, este elemento ofrece más disponibilidad de fabricación de piezas de pequeñas hasta grandes.
- **Nylamid SL:** Súper lubricado y de aspecto negro: Resistencia natural al desgaste, pero, conservando sus propiedades originales. Reduce el consumo de lubricantes. Ofrece soluciones en lugares donde se dificulta el uso de aceites o grasas.
- **Nylamid XL:** Superior en lubricación, de color verde: Originalmente lubricado con aceite. Perfecto para el deslizamiento de diversos componentes con el que se conecte. Resiste hasta 93°C y su nivel de absorción de humedad es menor.

- **Nylamid 901:** Resistente a altas temperaturas, de color azul: Es estable térmicamente lo que permite una mayor duración de su rigidez. Soporta hasta 127°C.
- **Nylamid 6/6: Extruido.** Es decir, moldeado y aplanado. De color natural: De todos los Nylamid no modificados es el más rígido. Resiste a 99°C y se dispone en barras de 96 cm de largo. Cumple con actividades higiénicas de varias instituciones internacionales. Como son; (FD, NSF, USDA y 3^a-Dairy).
- **Nylamid 6/6 SL.** Muy lubricado y es de color gris marmoleado: Ayuda a eliminar residuos innecesarios de lubricante y su resistencia térmica es de 104°C.

3.1.14. Acero inoxidable

El acero inoxidable es una aleación de hierro (F) y carbono (C) que contiene un mínimo de 10,5% de cromo en masa. Asimismo, los aceros inoxidables se componen por otros elementos como el níquel, tungsteno y el molibdeno. Este tipo de acero es por tanto un metal ferroso debido a que su componente principal es el hierro, y su fabricación, como todos los metales ferrosos, son adecuados para la industria de la siderurgia.

Propiedades del Acero Inoxidable

El acero inoxidable se destaca por su resistencia a la corrosión, a diferencia del acero común, que se oxida y forma una capa de herrumbre de color rojizo bajo condiciones normales. Esto se debe a que el cromo se adhiere al oxígeno para formar una película delgada y transparente de óxido de cromo sobre la superficie del acero. Esta película, denominada capa pasiva, evita la oxidación adicional del acero inoxidable. En caso de que se presente un daño mecánico o químico, la capa pasiva se puede reparar de manera autónoma en presencia de oxígeno.

Composición

Por su parte, el oxígeno del agua o del aire ataca al hierro formando óxido ferroso, por lo cual se busca prevenir este aspecto en el acero, es por ello que se le añade a la aleación una proporción de cromo, para evitar la oxidación del acero, lo que da como resultado un acero

conocido como acero inoxidable. En cuanto el proceso de fabricación del acero inoxidable inicialmente se lleva a cabo con la fusión de hierro, chatarra y ferroaleaciones conforme al grado de acero inoxidable a preparar. Posteriormente se trata con la refinación del acero para eliminar impurezas y reducir el contenido de carbono. Como siguiente paso el acero líquido se cuela en continuo, se corta en planchones y se forman los rollos rolados en caliente. El proceso culmina con el molino de laminación en frío, recocido y limpieza.

3.1.15. Aluminio

El aluminio es un material no ferromagnético muy maleable y que se puede moldear hasta las formas deseadas. El aluminio se usa para mecanizar y conseguir los mejores resultados a partir de la utilización de la maquinaria adecuada en el proceso de mecanizado. Este material, que se extrae del mineral Bauxita, tiene dos procesos:

- En aluminio metálico por medio de la electrólisis. Es el proceso que separa los elementos de un compuesto mediante la electricidad.
- En Alúmina por medio del proceso Bayer. Patentado por Karl Bayer en 1889 se basa en la disolución de la bauxita en hidróxido de sodio.

Ventajas del mecanizado de piezas en aluminio

El uso del aluminio para los mecanizados tiene múltiples ventajas, entre las cuales podemos destacar dos principales:

- En primer lugar, presenta una gran conductividad térmica. Este dato es especialmente relevante, teniendo en cuenta que uno de los principales problemas en el proceso de mecanizado es el sobrecalentamiento de los materiales, tanto de las piezas como de las máquinas. El aluminio, por tanto, disipa el calor generado durante el proceso con mayor rapidez que otros materiales.
- En segundo lugar, es destacable su baja densidad, lo que permite aplicar fuerzas de inercia mucho menores sobre las piezas para conseguir el resultado final. Por tanto, el proceso de mecanizado con aluminio es muy rápido y, además, la energía consumida es mucho menor. Esto hace que se puedan mecanizar piezas a más velocidad,

aumentando el rendimiento de producción y además proporcionando un mejor acabado superficial.

Estas características hacen del aluminio uno de los materiales más utilizados en la industria. Utilizando procesos como el fresado de aluminio podemos dar a este material muchas aplicaciones, desde piezas para la estructura de aviones, trenes, tranvías, automóviles y autobuses, hasta la fabricación de maquinaria industrial y herramientas, en la industria eléctrica, en las instalaciones térmicas, etc.

Perfiles de aluminio estructurales

Estos perfiles de aluminio se utilizan para construir estructuras, como protecciones de maquinarias y equipos de seguridad, bancos de trabajo, vehículos especiales y una infinidad de usos y aplicaciones infinitas. Los perfiles de aluminio también son resistentes a la corrosión, lo que los hace ideales para su uso en exteriores. Además, son fáciles de montar y ofrecen una gran flexibilidad en términos de diseño.

Ventajas de usar perfilería de aluminio

Usar la perfilería de aluminio tiene una serie de ventajas como son:

- Económico
- Diversas funciones, entre ellas la decorativa
- Resistente a los cambios de clima
- Uso tanto en exterior como interior
- Aspecto moderno y ligero
- Resistente al deterioro

¿Qué tipos de perfiles de aluminio hay?

La perfilería de aluminio se caracteriza por su simpleza, pero múltiple utilidad. Existen muchos tipos de perfiles de aluminio:

- Perfiles brutos: ligero. Utilizado en interior.
- Perfiles anodizados: resistente a la corrosión. Utilizado en interior.
- Perfiles galvanizados: resistente a la oxidación y el desgaste por impacto. Utilizado en exteriores.
- Perfiles con diferentes formas, U, L, T: utilizados principalmente en mamparas, barandas o escaleras.
- Perfiles en ángulo: utilizados principalmente en falsos techos.
- Perfiles tubulares, ya sean en forma de rectángulo, triángulo o círculo: utilizados principalmente en vallas de exterior, estanterías o patas de mesa.

3.2. Marco teórico

3.2.1. CAD/ CAM

Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM) son sistemas que se utilizan para diseñar y fabricar productos con gran precisión, sus principales ramas se presentan en la tabla 2.2.3 teorías CAD/CAM.

Tabla 3.3 Teorías CAD/CAM

Teoría del Diseño Paramétrico	Teoría de la Manufactura Digital	Teoría de la Integración CAD/CAM
Esta teoría permite que los diseños sean ajustables y modificables mediante el uso de parámetros variables. En lugar de dibujar cada parte desde cero, se establecen relaciones entre las dimensiones que pueden ser modificadas fácilmente, optimizando el proceso de diseño	Los sistemas CAM permiten la fabricación controlada por computadora. Esta teoría se basa en la automatización de la producción, donde el software traduce los modelos 3D generados en CAD a instrucciones que controlan las máquinas CNC (Control Numérico Computarizado), lo que permite una fabricación precisa y repetible.	Esta teoría sostiene que la integración de ambos sistemas optimiza el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta la producción, reduciendo los errores y el tiempo de desarrollo.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Teorías que se implementan en los sistemas neumáticos

Los sistemas neumáticos son ampliamente utilizados en la automatización de procesos industriales, en máquinas herramientas, controles de movimiento, y en equipos como prensas, actuadores, y robots, ya que ofrecen una forma eficaz, limpia y segura de manipular maquinaria y realizar trabajos mecánicos. La neumática se basa en principios físicos y matemáticos que explican el comportamiento de los gases bajo presión y cómo esa energía puede transformarse en trabajo mecánico. En la tabla 2.2.4 Teorías relacionadas con la neumática se muestra una descripción de las teorías relacionadas con la neumática.

Ventajas y desventajas de los sistemas neumáticos

Si valoramos la eficiencia y eficacia de los sistemas neumáticos podemos definir una serie de ventajas y desventajas de las estructuras neumáticas, entre las que se destacan son las siguientes:

Ventajas:

- Utiliza el aire como fuente de energía, tratándose de una fuente abundante, transportable, almacenable y resistente a modificaciones de temperatura.

- Bajo coste de implementación.
- Podemos definirla como una tecnología segura, limpia y antideflagrante puesto que no genera chispas, no puede provocar incendios, y no ofrece riesgo eléctrico, etc.
- Los elementos que forman un sistema neumático son simples y de fácil comprensión lo que permite diseñar sistemas neumáticos con gran facilidad.
- Permite sistemas con movimientos rápidos, precisos y de gran complejidad. Pudiéndose controlar las fuerzas de manera sencilla.
- Aguanta bien las sobrecargas y si existen riesgos el sistema se paraliza.

Desventajas

- Hablamos de una tecnología que requiere de otra maquinaria y equipos para su funcionamiento.
- Tecnología algo más costosa que la tecnología eléctrica (Suministros Industriales INTEC, 2019)

3.2.3. Teorías relacionadas con la neumática

Tabla 3.4 Teorías en neumática

En la siguiente tabla se muestran algunas leyes relacionadas con la neumática

Ley de Boyle	Ley de Pascal
La Ley de Boyle es una ley fundamental en la neumática que describe la relación entre la presión y el volumen de un gas a temperatura constante. Se expresa de la siguiente manera: $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$ Donde: P_1 y P_2 Son las presiones inicial y final. V_1 y V_2 Son los volúmenes inicial y final.	La Ley de Pascal establece que cualquier cambio de presión en un fluido confinado (líquido o gas) se transmite de manera uniforme en todas las direcciones. En sistemas neumáticos, esta ley se aplica en la transmisión de presión a través de tuberías y actuadores, se calcula a través de la sig. Formula: $P = \frac{F}{A}$ Donde: P es la presión aplicada. F es la fuerza. A es el área sobre la que actúa la fuerza.
Ley de Charles	Teoría de los Fluidos Compresibles
La Ley de Charles describe cómo el volumen de un gas varía directamente con la temperatura cuando se mantiene constante la presión. Esto es relevante en la neumática, ya que los cambios de temperatura pueden afectar el rendimiento de los sistemas neumáticos. Se calcula usando la sig. Formula: $V_1/T_1 = V_2/T_2$ Donde: V_1 y V_2 son los volúmenes del gas a temperaturas T_1 y T_2	Los gases, como el aire utilizado en sistemas neumáticos, son fluidos compresibles, lo que significa que su densidad puede cambiar en respuesta a variaciones de presión. Esta teoría se basa en el comportamiento de los gases cuando se comprimen o expanden, y cómo estos cambios se relacionan con el trabajo realizado. Toma en cuenta: Energía potencial: El aire comprimido almacena energía que puede liberarse para realizar trabajo, como mover pistones o activar válvulas. Expansión y trabajo: Cuando el gas se expande, su energía potencial se convierte en energía cinética que mueve los componentes neumáticos.

Fuente: Elaboración propia

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para iniciar con el proyecto fue primordial seleccionar que prueba se realizaría al herramental así como el equipo de fugas a usar y los materiales que mejor se adapten al diseño propuesto. Con base a los conceptos y la teoría revisada, en la siguiente figura se muestra cada una de las etapas del proyecto que se realizaron, posteriormente se describen las actividades realizadas en cada una de ellas.

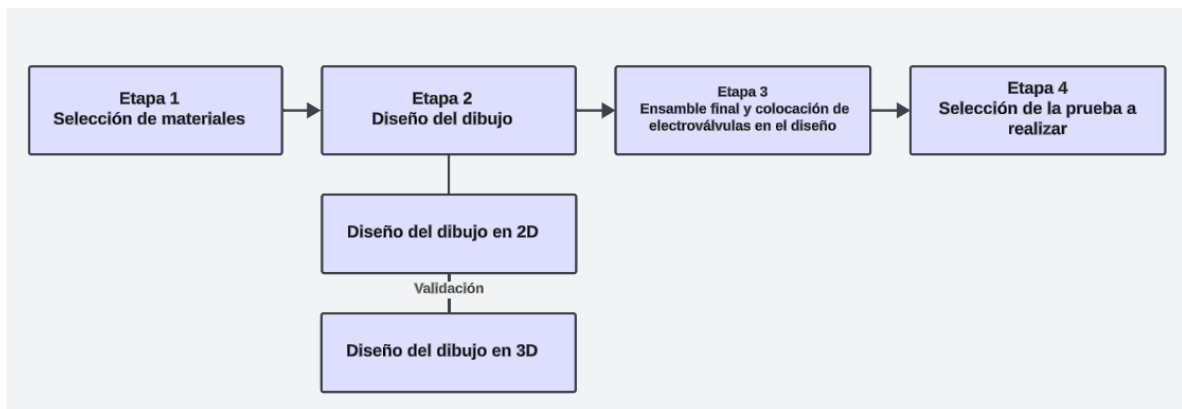


Fig. 1 Etapas del proyecto
Fuente: Elaboración propia

4.1. Etapa 1: Selección de materiales

4.1.1. Selección de Nylamid

En esta propuesta se utilizó el Nylamid SL Negro, ya que ofreció una gran resistencia al desgaste, dado que la colocación constante de piezas podría dañar el maquinado con otro tipo de Nylamid o material, lo que podría rayar la pieza al trabajar con plásticos. Además, el color contribuyó a dar una presentación más formal y estética al diseño, en la siguiente tabla se presenta una comparación con otros materiales.

Tabla 4.1 Características del Nylamid

Tipo de Nylamid	Color habitual	Características principales	Usos típicos en ingeniería	Ventajas
Nylamid Natural (PA6 o PA6G)	Blanco o beige	Buenas propiedades mecánicas, alta resistencia al desgaste, económico	Engranajes, bujes, rodillos, guías	Costo accesible y versatilidad en aplicaciones generales
Nylamid Negro (con aditivo de grafito o aceite)	Negro	Mayor resistencia al desgaste, autolubricado, mejor disipación de calor, menor fricción	Poleas, cojinetes, engranajes sometidos a carga, guías de alta fricción	Su color indica aditivos que mejoran la durabilidad y reducen el mantenimiento
Nylamid Verde (con MoS₂)	Verde	Contiene disulfuro de molibdeno (MoS ₂) que mejora la resistencia a la fricción y la carga	Piezas sometidas a alta carga y baja lubricación	Menos común que el negro, pero similar en propiedades
Nylamid Azul	Azul	Similar al natural, pero modificado para mayor resistencia al impacto	Piezas expuestas a golpes, guías, ruedas	No tan resistente al desgaste como el negro
Nylamid Rojo / Amarillo	Rojo / Amarillo	Aditivos para mejorar visibilidad o propiedades específicas según fabricante	Usos especiales en maquinaria	No orientado a fricción o cargas pesadas

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó el Nylamid negro como material principal debido a sus propiedades superiores de durabilidad y confiabilidad en aplicaciones industriales. Este polímero, modificado con aditivos como grafito o aceite, ofrece una alta resistencia al desgaste y a la fricción, lo que lo convierte en una opción ideal para componentes sometidos a uso continuo. Su capacidad auto lubricante y eficiente disipación de calor contribuyen a reducir significativamente los requerimientos de mantenimiento, prolongando la vida útil del sistema. En comparación con otros materiales, el Nylamid negro minimiza la necesidad de reemplazos frecuentes, lo que representa una ventaja operativa en proyectos de alta exigencia mecánica.

4.1.2. Selección de acero inoxidable y aluminio a emplear

Se eligió usar acero inoxidable en el diseño de la boquilla que suministraba aire a la pieza debido a que este material evitó la corrosión del maquinado, ya que se trabajaba constantemente y el flujo de aire comprimido causaba un desgaste acelerado, también se utilizó en las boquillas que realizaban el taponamiento de los pivotes de la bomba. Posteriormente se empleó aluminio para realizar la propuesta de los herramientales que unirían otras piezas o actuadores, cumpliendo con las funciones requeridas. Como se mencionó anteriormente, el aluminio, además de ser más económico que el acero inoxidable, es muy fácil de maquinar, lo que ofreció muchas ventajas en áreas donde no se trabajaba con aire comprimido, evitando una corrosión prematura, siempre y cuando se le diera el mantenimiento preventivo adecuado. Para el diseño, el aluminio fue importante, ya que, por su bajo peso, permitió que el herramental completo no fuera demasiado pesado y pudiera intercambiarse de manera rápida. En la siguiente tabla se observa una comparación con otro tipo de materiales.

Tabla 4.2 Materiales y características similares

Material	Características	Comentario
Acero inoxidable	Alta resistencia a la corrosión y buena resistencia mecánica	Usado en alimentos, médico, marino e industrial
Aluminio anodizado	Ligero, resistente a la corrosión	Más blando, menor resistencia mecánica
Titanio	Excelente resistencia y muy ligero	Muy costoso
Bronce / Latón	Buena resistencia, especialmente en ambientes marinos	Más decorativo que estructural
Plásticos técnicos (PEEK, PVDF)	Alta resistencia química y a la humedad	Mucho más ligeros y menos resistentes
Acero inoxidable	Alta resistencia mecánica y a la corrosión	Muy versátil e industrial
Acero al carbono recubierto	Resistencia mecánica muy alta	Necesita protección contra el óxido
Fundición nodular (hierro dúctil)	Muy resistente y económica	Más pesado, menos estético
Titanio	Resistente y ligero	Mucho más costoso

Fuente: Elaboración propia

El uso de acero inoxidable en pruebas de hermeticidad se fundamenta en sus propiedades físico-químicas que garantizan altos niveles de confiabilidad y seguridad. Este material presenta una elevada resistencia mecánica, inmunidad a la corrosión, y estabilidad frente a variaciones de presión y temperatura, lo que lo convierte en una opción idónea para entornos exigentes. Adicionalmente, su superficie lisa y de fácil limpieza contribuye a mantener condiciones óptimas durante los ensayos, favoreciendo la obtención de resultados precisos. Estas características prolongan la vida útil de los equipos de prueba y minimizan el riesgo de fallas, posicionando al acero inoxidable como el material óptimo para aplicaciones de sellado y control de fugas.

4.1.3. Selección de perfiles de aluminio

Se emplearon perfiles de aluminio cuyas especificaciones se detallan en la tabla 3.3 “Perfiles de aluminio seleccionados”. La elección del perfil de aluminio con dimensiones de 60×60 mm se fundamentó principalmente en las características geométricas requeridas por el diseño del proyecto, en particular la dimensión de la base superior destinada al asentamiento de la pieza principal. Para determinar el perfil más adecuado, se realizó un análisis comparativo entre dos tipos de perfiles de aluminio, considerando criterios como capacidad estructural, compatibilidad dimensional, facilidad de montaje y eficiencia en el uso de materiales. Este proceso permitió seleccionar el perfil que mejor se ajusta a los requerimientos técnicos y funcionales del sistema, garantizando estabilidad estructural sin incurrir en sobredimensionamiento.

Tabla 4.3 Características de los perfiles de aluminio

Característica	60×60 Pesado (tipo estándar)	60×60 Ligero tipo I
Peso por metro	3.0 – 3.6 kg/m	2.0 – 2.3 kg/m
Momento de inercia (I_x/I_y)	~35 cm ⁴	~20 cm ⁴
Momento resistente (W_x/W_y)	~11.8 cm ³	~7.2 cm ³
Rigidez	Alta, apta para cargas medianas-altas	Media, apta para cargas ligeras
Consumo de material	Mayor	Menor (ahorro de aluminio)
Costo por metro	Más alto	Más bajo
Usos típicos	Bastidores, bancos de ensayo, máquinas CNC	Cerramientos, paneles y estructuras ligeras
Resistencia a torsión	Superior	Media
Facilidad de montaje	Igual (ranura en T compatible)	Igual (misma ranura estándar)

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una comparación técnica entre dos variantes del perfil 60×60: el perfil pesado y el perfil ligero tipo I. El perfil pesado se caracteriza por su capacidad para soportar cargas elevadas y esfuerzos de torsión, siendo adecuado para aplicaciones como bancadas de maquinaria, estaciones robotizadas o estructuras sometidas a movimiento. En contraste, el perfil ligero tipo I está diseñado para aplicaciones donde la reducción de peso y el ahorro de material son prioritarios, como cerramientos, guardas de seguridad, marcos de paneles y estructuras auxiliares. La evaluación comparativa permitió seleccionar el perfil que mejor se ajusta a los requerimientos funcionales del proyecto, garantizando una solución estructural eficiente sin incurrir en sobredimensionamiento innecesario.

Tabla 4.4 Perfiles de aluminio seleccionados

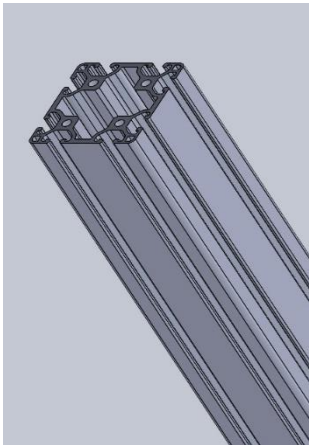
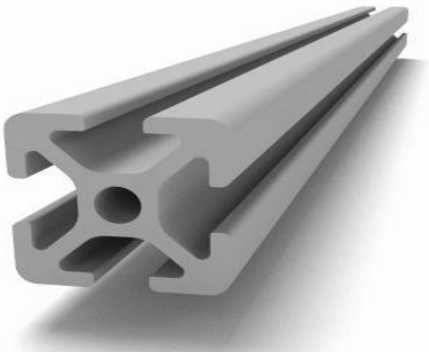
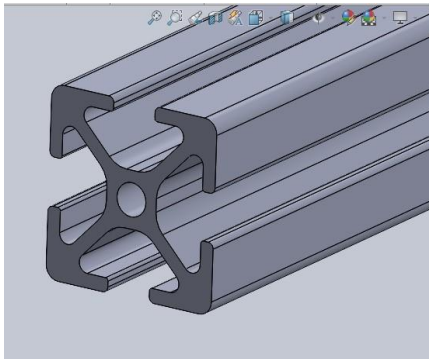
Perfil de aluminio 60x60 ligero tipo I, con las siguientes características: • Material: Aleación de aluminio Al Mg Si 6060 (ISO 9006/1) • Resistencia mínima a la tracción (Rm): 195 N/mm² • Límite elástico: Rp 0,2= 145 N/mm² • Módulo de elasticidad (E): 70000 N/mm² • Espesor de anodizado: 15 µm.	
 <i>Fig. 2 Perfil de aluminio de 60x60 tipo I</i> Fuente: obtenido de la página SMC (2023)	 <i>Fig. 3 Perfil de aluminio de 60x60</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Tabla 4.4 perfiles de aluminio seleccionados (Continuacion)

Perfil de aluminio 20x20 ligero tipo I, con las siguientes características: • Material: Aluminio anodizado • Tipo: Estándar (abierto) • Ranuras abiertas: 4 • Ancho de la ranura: 5 mm • Profundidad de la ranura: 6,35 mm • Servicios: Corte, rosca M5	
 <i>Fig. 4 Perfil de aluminio 20x20 con ranura 5</i> Fuente: obtenido de la página SMC (2023)	 <i>Fig. 5 Perfil de aluminio 20x20 con ranura 5</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

La selección del perfil de aluminio 60×60 ligero tipo I se justifica por su idoneidad en aplicaciones donde no se requiere soportar cargas elevadas ni esfuerzos significativos de torsión. Este perfil ofrece ventajas sustanciales en términos de reducción de peso, optimización de costos y facilidad de manipulación, sin comprometer la compatibilidad con accesorios estándar ni el modularidad propio de los sistemas de ranura tipo T. En proyectos orientados a cerramientos, guardas de seguridad, marcos de paneles y estructuras auxiliares, el perfil ligero proporciona un equilibrio técnico entre funcionalidad, economía y eficiencia en el montaje. Su uso resulta particularmente ventajoso frente al perfil pesado en aplicaciones de baja carga, donde el sobredimensionamiento estructural no es necesario. Por estas razones,

se determinó que el perfil 60×60 tipo I representa la alternativa más eficiente para los requerimientos específicos del proyecto.

La siguiente tabla muestra los criterios usados para la selección del perfil.

Tabla 4.5 Criterios para la selección del perfil

Perfil	Características	Usos típicos
20×20 estándar	Cuadrado simple, ranura en 4 caras	Marcos pequeños, soportes livianos
20×20 tipo I	Ligero, con refuerzo interno en “I”	Cerramientos, displays y paneles
20×20 tipo L	Ángulo de 2 caras con ranuras	Refuerzos de esquinas, soportes
20×40 rectangular	Más rígido, ranura en 2 o 4 caras	Pequeños bastidores y guías lineales

Fuente: Elaboración propia

La selección del perfil de aluminio 20×20 tipo “I” representa una solución eficiente para el diseño de estructuras ligeras en entornos industriales y académicos donde no se requieren altas capacidades de carga. Su geometría interna en forma de “I” permite una reducción significativa del peso sin comprometer la rigidez estructural básica, lo que lo convierte en una alternativa óptima para aplicaciones como marcos de protección, cerramientos de paneles y soportes auxiliares. Entre sus principales ventajas se destacan:

- Optimización de recursos: Permite un ahorro en material y costos, lo cual resulta especialmente beneficioso en proyectos con restricciones presupuestarias.
- Facilidad de manipulación y montaje: Su bajo peso facilita el transporte, el ensamblaje y la instalación, en comparación con perfiles macizos.
- Compatibilidad modular: Es totalmente compatible con accesorios estándar de ranura tipo T, lo que favorece la modularidad y la posibilidad de realizar ajustes o ampliaciones futuras.

En el contexto de proyectos académicos, como el desarrollo de prototipos o bastidores auxiliares, el perfil 20×20 tipo “I” garantiza una estructura funcional, ligera y de bajo costo, evitando el sobredimensionamiento del diseño y contribuyendo a una construcción eficiente.

4.1.4. Selección de actuadores neumáticos

En la tabla 4.6. Actuadores neumáticos para diseño de herramienta. Se presentan los datos de diferentes actuadores neumáticos con sus especificaciones técnicas así como el por qué son seleccionados para uso en el siguiente proyecto y una comparación con otros componentes similares que también pueden ser empleados en este proyecto. Posteriormente dentro de la misma tabla se muestran las figuras de las simulaciones de estos componentes. En cada sección se muestran las características del actuador seleccionado ya que es el que mejor se adapta a las necesidades del proyecto.

Tabla 4.6 Selección de actuadores neumáticos

Nombre del actuador: MXS 16-30 Aplicación: Desplazamiento del sub-ensamblaje que contiene los sensores. Especificaciones Técnicas: Carrera: 10-150 mm Diámetro del émbolo: 16 mm Fuerza de empuje: 30 N Funcionamiento: Utiliza un rodamiento de rodillos transversales con una guía y dos cilindros de aire para movimientos precisos. Conexión: Se conecta a través de puertos neumáticos estándar y puede ser controlado por electroválvulas. Razón de Selección: Este actuador es compacto y preciso, ideal para movimientos cortos y controlados. Su integración de un rodamiento de rodillos transversales con una guía y dos cilindros de aire permite una generación de fuerza compacta y precisa		
Comparación		
• Marca: SMC • Especificaciones: • Carrera: 10-150 mm • Diámetro del émbolo: 16 mm	• Festo DGSL-16-50-PA • Carrera: 50 mm • Diámetro del émbolo: 16 mm • Fuerza de empuje: 35 N	• Bosch Rexroth MNI-16-50-P-A • Carrera: 50 mm • Diámetro del émbolo: 16 mm

Tabla 4.6 selección de actuadores neumáticos (Continuacion)

Nombre: CD55B20-20M Aplicación: Taponamiento de los pivotes de la bomba. Especificaciones Técnicas: Carrera: 5-150 mm Diámetro del émbolo: 20 mm Fuerza de empuje: 50 N Funcionamiento: Cilindro de doble efecto con topes de goma y anillo de desgaste del pistón. Conexión: Montaje conforme a ISO 21287, con opciones de montaje en cualquiera de los cuatro lados del tubo del cilindro. Razón de Selección: Diseñado para aplicaciones de automatización, este actuador ofrece un excelente rendimiento de carga y cumple con la norma ISO 21287. Su construcción robusta y fácil mantenimiento lo hacen adecuado para aplicaciones industriales exigentes. Diferenciación: Este actuador se diferencia por su capacidad de soportar cargas laterales y su fácil mantenimiento, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones industriales pesadas en comparación con otros actuadores de menor capacidad.		
Comparación		
• Actuador CD55B20-20M • Marca: SMC • Especificaciones: • Carrera: 5-150 mm • Diámetro del émbolo: 20 mm • Fuerza de empuje: 50 N	• Festo ADN-20-50-A-P-A • Carrera: 50 mm • Diámetro del émbolo: 20 mm • Fuerza de empuje: 50 N	• Parker P1D-S020MS-0050 • Carrera: 50 mm • Diámetro del émbolo: 20 mm • Fuerza de empuje: 50 N

Tabla 4.6 selección de actuadores neumáticos (Continuacion)

Nombre: MKB16-30LZ Aplicación: Sujeción de la pieza sin causar daños. Especificaciones Técnicas: Carrera: 20 mm Diámetro del émbolo: 16 mm Fuerza de empuje: 30 N Funcionamiento: Actuador de abrazadera giratoria de doble acción. Conexión: Se conecta mediante puertos neumáticos estándar y puede ser controlado por electroválvulas. Razón de Selección: Este actuador de abrazadera giratoria es ideal para aplicaciones que requieren movimientos de sujeción precisos. Su diseño compacto y capacidad de rotación lo hacen perfecto para sujetar piezas delicadas. Diferenciación: La capacidad de rotación y su diseño compacto lo diferencian de otros actuadores lineales, permitiendo una sujeción más precisa y segura de piezas delicadas.		
Comparación		
• Carrera: 20 mm • Diámetro del émbolo: 16 mm • Fuerza de empuje: 30 N	• Festo DRRD-16-90-P • Carrera: 20 mm • Diámetro del émbolo: 16 mm • Fuerza de empuje: 30 N	• P Bosch Rexroth R480501570 • Carrera: 20 mm • Diámetro del émbolo: 16 mm • Fuerza de empuje: 30 N

Tabla 4.6 selección de actuadores neumáticos (Continuacion)

Nombre: MGQM25-50 Aplicación: Suministro de aire a la pieza. Especificaciones Técnicas: Carrera: 50 mm Diámetro del émbolo: 25 mm Fuerza de empuje: 100 N Funcionamiento: Actuador lineal con casquillo deslizante auto lubricante. Conexión: Montaje lateral o inferior, con capacidad para cambiar. Razón de Selección: Este actuador lineal es adecuado para aplicaciones de manipulación de materiales que requieren alta carga. Su diseño compacto y capacidad de cambiar lo hacen ideal para aplicaciones que requieren precisión y fuerza. Diferenciación: Su capacidad para manejar altas cargas y su diseño compacto lo hacen más adecuado para aplicaciones de manipulación de materiales en comparación con otros actuadores que no pueden s MGQM25-50		
Comparación		
Marca: SMC Especificaciones: Carrera: 50 mm Diámetro del émbolo: 25 mm Fuerza de empuje: 100 N	Festo DGC-25-50-PPV-A Carrera: 50 mm Diámetro del émbolo: 25 mm Fuerza de empuje: 100 N	Parker P1D-S025MS-0050 Carrera: 50 mm Diámetro del émbolo: 25 mm Fuerza de empuje: 100 N Razones de Selección

Tabla 4.6 selección de actuadores neumáticos (Continuacion)

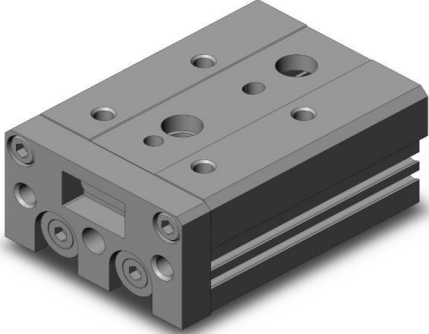
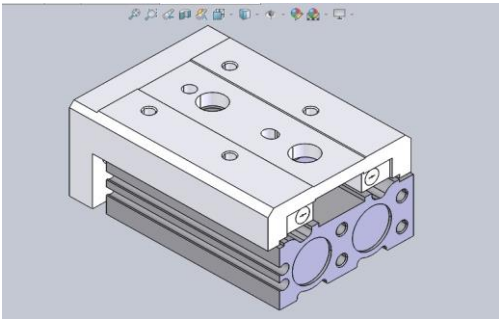
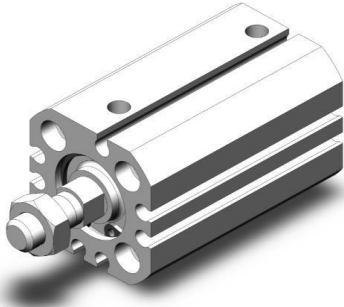
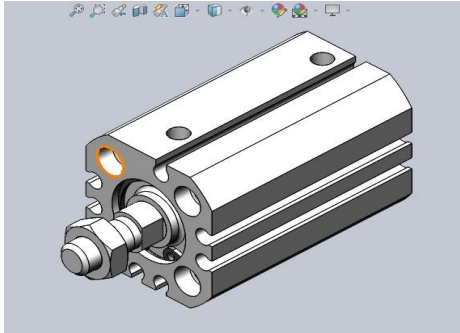
Nombre del actuador: MXS 16-30 Aplicación: Se empleó para realizar el desplazamiento del sub-ensamblaje que contiene los sensores que detectan las terminales de la pieza.	
 <i>Fig. 6 Actuador neumático MXS 16-30</i> Fuente: obtenido de la página SMC (2023)	 <i>Fig. 7 Actuador neumático MXS16-30</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)
Nombre del actuador: CD55B20-20M Aplicación: Este actuador neumático fue utilizado para colocar un maquinado que contenía una goma destinada a taponar los pivotes de la bomba ubicada en la pieza final, por lo que se usaron dos piezas.	
 <i>Fig. 8 Actuador neumático CD55B20-20M</i> Fuente: Obtenido de la página SMC (2023)	 <i>Fig. 9 Actuador neumático CD55B20-20M</i> Fuente: Elaboración propia, dibujado en SolidWorks

Tabla 4.6 selección de actuadores neumáticos (Continuacion)

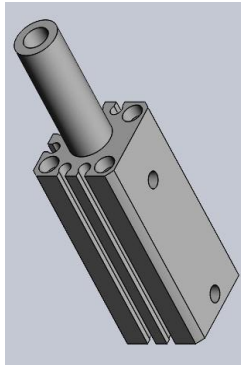
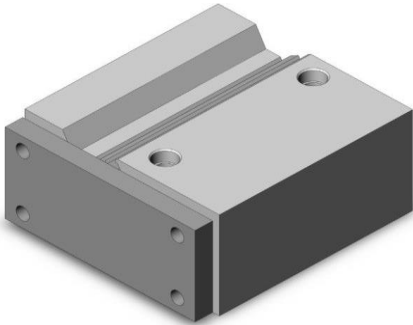
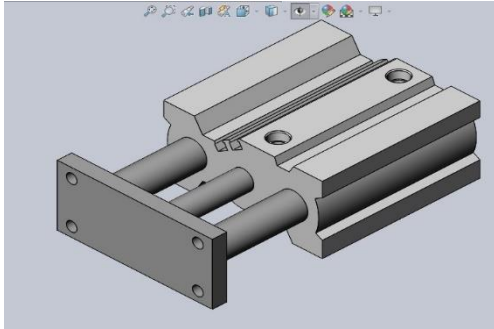
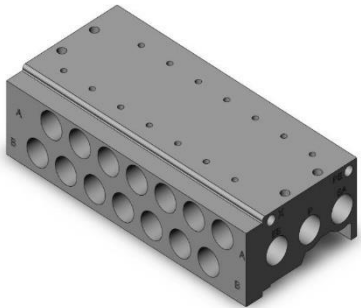
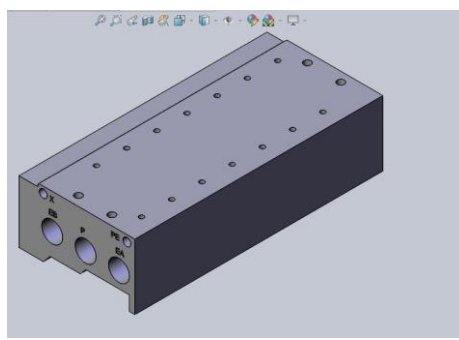
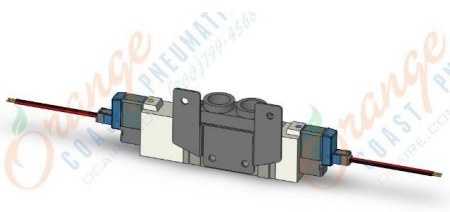
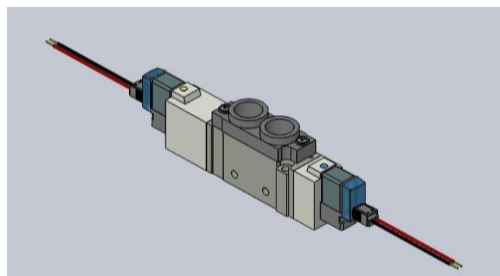
Nombre del actuador: MKB16-30LZ Aplicación: A este actuador neumático se le adaptó un maquinado diseñado para sujetar la pieza sin causar daños.	
 <i>Fig. 10 Actuador neumático MKB16-30LZ</i> Fuente: obtenido de la página SMC (2023)	 <i>Fig. 11 Actuador neumático MKB16-30LZ</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)
Nombre del actuador: MGQM25-50 Aplicación: Este actuador neumático fue empleado en el diseño encargado de sostener y colocar en la posición final la boquilla que suministraba aire a la pieza.	
 <i>Fig. 12 Actuador neumático MGQM25-50</i> Fuente: Obtenido de la página SMC (2023)	 <i>Fig. 13 Actuador neumático MGQM25-50</i> Fuente: Elaboración propia, dibujado en SolidWorks (2023)

Tabla 4.6 selección de actuadores neumáticos (Continuacion)

Nombre del actuador: SS5YZ-42-07-02F-Q-MANIFOLD Aplicación: Con este Manifold se pudo instalar en serie las electroválvulas, lo que permitió activar manualmente los diferentes actuadores neumáticos en caso de ajuste o liberación.	
 Fig.14 Manifold SS5YZ-42-07-02F- Fuente: obtenido de la página SMC (2023)	 Fig.15 Manifold SS5YZ-42-07-02F- Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)
Nombre del actuador: SY7320-5LZ-02 Aplicación: Con las electroválvulas se pudo activar manualmente los diferentes actuadores neumáticos descritos anteriormente.	
 Fig. 16 Electroválvula SY7320-5LZ-02 Fuente: Obtenido de la página SMC (2023)	 Fig.17 Electroválvula SY7320-5LZ-02 Fuente: Elaboración propia, dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7 Comparación de diferentes marcas de actuadores

Criterio	SMC	Festo	Bosch Rexroth	Parker
Costo promedio	Bajo – Medio	Alto	Medio – Alto	Medio – Alto
Calidad y durabilidad	Alta, confiable en industria general	Muy alta, premium	Muy alta, para aplicaciones exigentes	Muy alta, con enfoque en robustez
Disponibilidad	Amplia, stock frecuente en LATAM y global	Limitada, con tiempos de entrega mayores	Media, depende de distribuidores	Media, depende de mercado local
Variedad de productos	Amplia en neumática y actuadores	Muy amplia, destacada en precisión	Amplia, fuerte en hidráulica y lineal	Muy amplia, fuerte en neumática e hidráulica
Mantenimiento	Fácil y económico	Más complejo y costoso	Requiere técnicos especializados	Requiere técnicos especializados
Compatibilidad	Muy compatible con estándares ISO	Alta, pero con accesorios exclusivos	Alta en industria pesada	Alta, con fuerte presencia en hidráulica
Enfoque principal	Soluciones costo-efectivas y confiables	Innovación y alta precisión	Automatización robusta y pesada	Soluciones industriales duraderas y de alto desempeño

Fuente: Elaboración propia

La selección de la marca SMC se fundamentó en diversos criterios técnicos y económicos que la posicionaron como la opción más estratégica para el desarrollo de prototipos y proyectos de automatización industrial de mediana escala. Entre los principales factores considerados se encuentran:

- Equilibrio entre costo y rendimiento, lo cual permitió optimizar la inversión sin comprometer la confiabilidad del sistema.
- Amplia disponibilidad de componentes y repuestos, reduciendo significativamente los riesgos asociados a tiempos de espera y asegurando la continuidad operativa.
- Compatibilidad con estándares internacionales (ISO), facilitando el montaje, la integración y futuras expansiones del sistema.
- Mantenimiento sencillo y económico, aspecto que favoreció su implementación en entornos educativos e industriales con recursos limitados.
- La elección de los actuadores de la marca SMC respondió a la necesidad de garantizar viabilidad técnica y económica. Esta decisión aseguró un balance adecuado entre

confiabilidad, costo y disponibilidad en el mercado local, consolidando a SMC como la alternativa más adecuada para los objetivos del proyecto.

4.1.5. Selección de sensores

Los sensores fueron seleccionados con base al uso, la tabla 4.8 Sensores seleccionados para diseño del herramental muestra cada uno de ellos así como las características que se tomaron en cuenta para su elección, mostrando las especificaciones técnicas de cada uno de ellos y otros sensores similares que también pueden ser usados en este proyecto.

Tabla 4.8 Sensores seleccionados

Nombre: Sensor Inductivo NI10U-M12-AP6X-H1141, marca Turck Aplicación: Detección de insertos metálicos. Especificaciones Técnicas: Distancia de detección: 10 mm Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC Salida eléctrica: NA, NPN Grado de protección: IP68 Funcionamiento: Detecta objetos metálicos sin contacto mediante inducción electromagnética. Conexión: Conexión eléctrica M12x1. Razón de Selección: Este sensor inductivo es inmune a campos magnéticos y tiene una alta precisión en la detección de objetos metálicos. Su diseño robusto y grado de protección IP68 lo hacen ideal para aplicaciones industriales. Diferenciación: Su inmunidad a campos magnéticos y alta precisión lo diferencian de otros sensores que pueden ser afectados por interferencias electromagnéticas.		
Comparación		
• Marca: Turck • Especificaciones: • Distancia de detección: 10 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Salida eléctrica: NA, NPN • Grado de protección: IP68	• Pepperl+Fuchs NBB10-30GM50-E2-V1 • Distancia de detección: 10 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Salida eléctrica: PNP • Grado de protección: IP67	• SICK IME18-10BPSZC0S • Distancia de detección: 10 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Salida eléctrica: PNP • Grado de protección: IP67

Tabla 4.8 sensores seleccionados (Continuacion)

Nombre: Sensor Inductivo DW-AS-603-M8-001 / 320-520-036, marca Contrinex Aplicación: Detección de terminales de la botella. Especificaciones Técnicas: Distancia de detección: 10 mm Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC Salida eléctrica: PNP Grado de protección: IP67 Funcionamiento: Detecta objetos metálicos sin contacto mediante inducción electromagnética. Conexión: Conexión S12 4-PIN. Razón de Selección: Este sensor inductivo tiene una alta precisión y es adecuado para detectar terminales en espacios reducidos. Su diseño compacto y grado de protección IP67 lo hacen ideal para aplicaciones que requieren detección precisa en entornos industriales. Diferenciación: Su diseño compacto y alta precisión en espacios reducidos lo diferencian de otros sensores que pueden ser más voluminosos y menos precisos en detecciones cercanas.		
Comparación		
• DW-AS-603-M8-001 / 320-520-036 • Marca: Contrinex • Especificaciones: • Distancia de detección: 10 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Salida eléctrica: PNP • Grado de protección: IP67	• Omron E2E-X10D1-N • Distancia de detección: 10 mm • Tensión de funcionamiento: 12-24 VCC • Salida eléctrica: NPN • Grado de protección: IP67	• Balluff BES M08MI-PSC20B-S04G • Distancia de detección: 8 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Salida eléctrica: PNP • Grado de protección: IP67

Fuente: Elaboración propia

La selección del sensor inductivo Contrinex DW-AS-603-M8-001 se basó en su compacidad, fiabilidad y robustez, cualidades esenciales para su desempeño en entornos industriales exigentes. Este modelo, de formato M8, permitió integrar la detección precisa de objetos metálicos en espacios reducidos, optimizando el diseño sin comprometer la funcionalidad. Gracias a su protección IP67 y a una construcción resistente, se minimizó el riesgo de fallas operativas, lo que contribuyó a la continuidad y seguridad del sistema. Además, su

compatibilidad con salidas PNP estándar y su larga vida útil sin requerimientos de mantenimiento lo hicieron especialmente adecuado para aplicaciones de automatización industrial, tanto en prototipos como en sistemas finales.

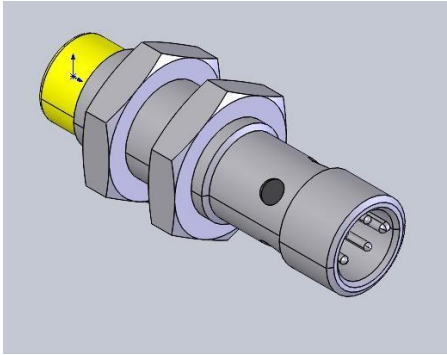
En conjunto, estas características aseguraron la viabilidad técnica y la confiabilidad operativa del proyecto, consolidando al sensor Contrinex como una solución óptima dentro del marco de automatización planteado.

Tabla 4.8 sensores seleccionados (Continuacion)

Nombre: Sensor Keyence LR-ZB100CP, marca Keyence Aplicación: Detección de la pieza. Especificaciones Técnicas: Distancia detectable: 35-100 mm Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC Fuente de luz: Láser rojo clase 1 Grado de protección: IP68 Funcionamiento: Sensor láser basado en distancia para detección precisa. Conexión: Conexión eléctrica M8 de 4 pines. Razón de Selección: Este sensor láser basado en distancia ofrece una alta precisión y fiabilidad en la detección de piezas. Su capacidad de detección a distancias variables y grado de protección IP68 lo hacen ideal para aplicaciones que requieren detección precisa en condiciones industriales. Diferenciación: La capacidad de detección a distancias variables y su alta precisión lo diferencian de otros sensores que pueden tener limitaciones en la distancia de detección y precisión.		
• Sensor Keyence LR-ZB100CP • Marca: Keyence • Especificaciones: • Distancia detectable: 35-100 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Fuente de luz: Láser rojo clase 1 • Grado de protección: IP68	• Sensor: SICK WTB4-3P1361 • Distancia detectable: 30-1mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Fuente de luz: LED rojo • Grado de protección: IP67	• Sensor: Banner Q4X • Distancia detectable: 25-300 mm • Tensión de funcionamiento: 10-30 VCC • Fuente de luz: Láser rojo clase 1 • Grado de protección: IP67

La selección del sensor Keyence LR-ZB100CP se sustenta en su alta versatilidad y confiabilidad para la detección de objetos con variaciones en color, textura y acabado superficial. Este desempeño se debe a la tecnología U.C.D. (Universal Change Detection), la cual permite minimizar las falsas detecciones sin requerir ajustes constantes, optimizando así la estabilidad operativa en entornos dinámicos. El dispositivo está diseñado para operar en condiciones industriales exigentes, presentando resistencia a polvo, vibraciones y fluctuaciones en la iluminación, lo que garantiza un funcionamiento consistente en sistemas automatizados. En comparación con modelos alternativos como el SICK WTB4-3P1361 y el Banner Q4X, el sensor de Keyence ofrece una mayor capacidad de adaptación a cambios en el entorno, una instalación más sencilla y una menor necesidad de re calibración. Estas ventajas se traducen en una reducción de los tiempos de paro y una mejora en la confiabilidad del proceso. La incorporación de este sensor fortalece el diseño del sistema de automatización propuesto, asegurando una detección precisa y estable en condiciones variables, lo cual es esencial para cumplir con los estándares de eficiencia y calidad requeridos en aplicaciones industriales de alto rendimiento.

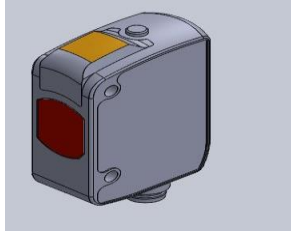
Tabla 4.8 sensores seleccionados (Continuacion)

Sensor NI10U-M12-AP6X-H1141, para los insertos metálicos. Sus características son las siguientes: • Marca Turck • Diseño de tubo roscado M12x1 • Distancia de detección de 10mm • Tensión de funcionamiento de 10 a 30 VCC • Salida eléctrica NA, NPN • Conexión eléctrica M12x1 • Grado de protección IP68 • Inmune a campos magnéticos	
 <i>Fig. 18 Sensor inductivo m12 marca TURCK</i> Fuente: obtenido de la página Turck S/F	 <i>Fig. 19 Sensor inductivo M12</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

La selección del sensor NI10U-M12 se sustenta por sus principales características de diseño de tubo roscado lo cual permite un fácil remplazo, además de la distancia de detección lo cual es importante para no dañarlo constantemente

Tabla 4.8 sensores seleccionados (Continuacion)

Sensor DW-AS-603-M8- 001 / 320-520-036, para la detección de terminales de la botella. Sus características son las siguientes: • Marca Contrinex • Polaridad de salida PNP, distancia de operación de 10 mm • Conexión S12 4-PIN, tensión de funcionamiento de 10 a 30 VCC • Grado de protección IP67	
 <i>Fig. 20 Sensor inductivo M8 DW-AS-603-M8-001</i> Fuente: obtenido de la página Turck S/F	 <i>Fig. 21 Sensor inductivo M8 DW-AS-603-M8-001</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)
Sensor Keyence LR-ZB100CP para detectar la pieza. Sus características son: • Tipo de sensor láser basado en distancia • Emisión PNP y conexión eléctrica M8 de 4 pines y voltaje de alimentación de 10 a 30 VCC • Distancia detectable de 35 a 100mm, fuente de luz roja tipo láser clase 1 • Indicador de salida amarillo y grado de protección ip68	
 <i>Fig. 22 Sensor keyence LR-ZB250CP</i> Fuente: obtenido de la página KEYENCE S/F	 <i>Fig. 23 Sensor Keyence LR-ZB250CP</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

La selección del sensor inductivo Turck NI10U-M12-AP6X-H1141 se fundamenta en su capacidad de detección sin contacto, con una distancia de censado de 10 mm, lo que permite identificar insertos metálicos de forma precisa y segura, evitando el desgaste por fricción directa. Esta característica resulta especialmente ventajosa en procesos automatizados donde la confiabilidad operativa es prioritaria. El dispositivo cuenta con grado de protección IP68 y un cuerpo de latón niquelado, lo que les confiere alta resistencia frente a condiciones ambientales adversas como humedad, polvo y exposición a aceites industriales. Estas propiedades aseguran un rendimiento estable y prolongado en entornos de producción exigentes. En comparación con modelos equivalentes de fabricantes como SICK y Contrinex, el sensor de Turck ofrece un equilibrio superior entre alcance de detección, robustez mecánica y resistencia ambiental, mientras que las alternativas presentan limitaciones en distancia de censado o están orientadas a aplicaciones más específicas, como ambientes higiénicos. La elección de este sensor contribuye a reducir el riesgo de fallas por desgaste, incrementar la eficiencia del proceso y garantizar la confiabilidad del sistema de detección, cumpliendo con los criterios técnicos requeridos en proyectos industriales de alto desempeño.

Tabla 4.9 Comparación de marcas de sensores

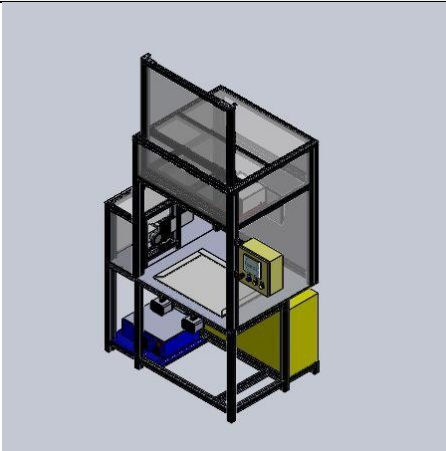
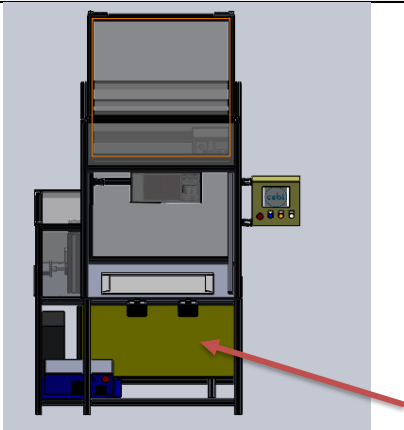
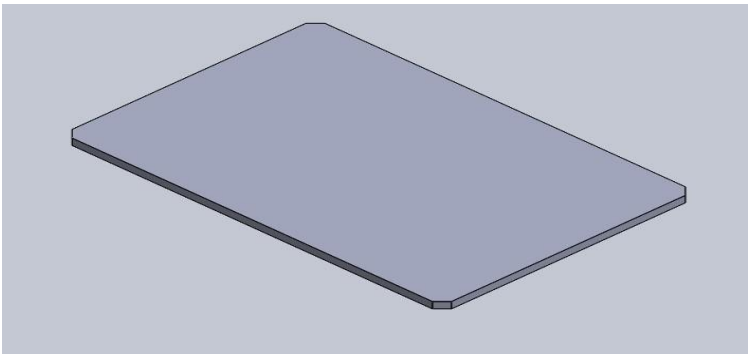
Marca / Modelo	Tipo	Distancia de censado nominal	Salida	Material del cuerpo	Protección	Ventajas destacadas
Turck NI10U-M12-AP6 X-H1141	Inductivo cilíndrico M12	10 mm	PNP NO	Latón niquelado	IP68	Gran robustez, buena distancia de censado, excelente para ambientes industriales con humedad y aceite.
SICK IME12-08BPSZC 0K	Inductivo cilíndrico M12	8 mm	PNP NO	Latón niquelado	IP67	Sensor confiable y compacto, económico, pero con menor alcance que el Turck.
Contrinex DW- AS-603-M12-001	Inductivo cilíndrico M12	6 mm	PNP NO	Acero inoxidable	IP68/I P69K	Mayor resistencia a químicos y limpieza a presión, ideal para entornos higiénicos, pero menor distancia de detección.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Etapa 2: Diseño del dibujo

4.2.1. Diseño en 3D

Tabla 4.10 Diseño de base de herramental

Diseño de base de herramental: Para el diseño de la base del herramental para la botella de Audi y que cumple con la condición de ser intercambiable con otra versión de trabajo se empezó por realizar el dibujo en 3D de la estación de trabajo final (EOL). Esto sirve para ir tomando medidas exactas para el ensamblaje de las piezas finales y del ensamble final. En la siguiente figura se observan varios componentes de la EOL como el láser que realizara el marcado de la pieza y la base donde se colocan los nuevos herramentales.	
	
<i>Fig. 24 EOL</i> <i>Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)</i>	<i>Fig. 25 EOL vista frontal</i> <i>Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)</i>
En la figura 25 se señala el asentamiento donde se colocan los herramentales, posteriormente en la figura 25 se presenta el diseño de la mesa que es intercambiable y se adapta para el montaje de otros componentes. Los barrenos fueron elaborados al final del ensamble ya que de esta forma fue posible colocarlo en la posición adecuada.	
	
<i>Fig. 26 Mesa intercambiable</i> <i>Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)</i>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11 Diseño de soporte inferior de la pieza

Diseño de soporte inferior de la pieza: Se empezó por tomar medidas del dibujo proporcionado de la botella y de una pieza física que se tiene en la empresa. La pieza cuenta con diferentes ángulos, además, el diseño se realizó de Nylamid ya que así se evitó sufriera rayones o desgastes. Este diseño sujeta la pieza desde la parte inferior, además de que se buscó que ensamblara de forma justa para que no tenga juego cuando fuera colocada y tenga una posición. En la figura 27 se muestra la sección donde se colocó el soporte inferior para que la pieza sea colocada de forma sencilla.

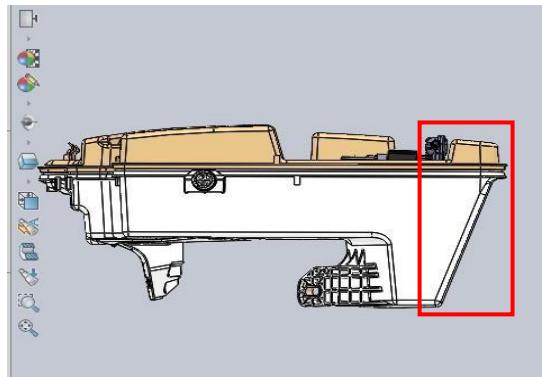


Fig. 27 Pieza mostrada desde una vista lateral
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Se elaboró un soporte inferior para la pieza donde asentara el cual se presenta en la figura 28, mostrando 4 vistas de este.

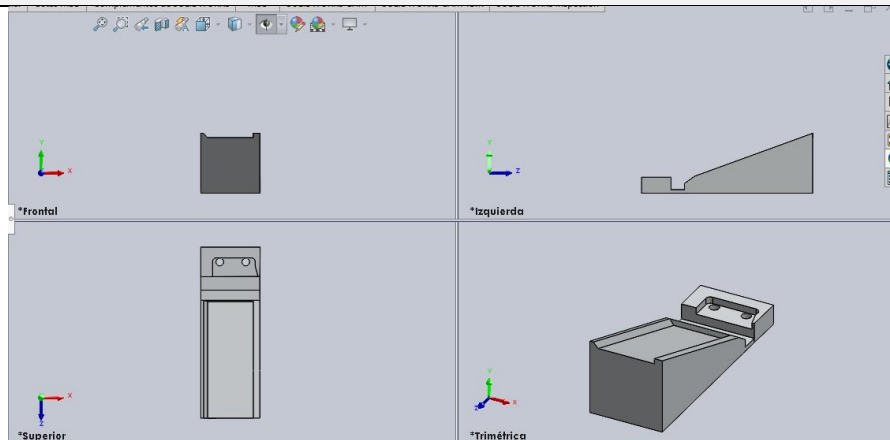


Fig. 28 Propuesta de diseño de soporte inferior
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Tabla 4.11 Diseño de soporte inferior de la pieza (Continuacion)

Para realizar este diseño se tomaron en cuenta los ángulos y los bordes de la pieza, todo esto se presentó con la finalidad de que en próximos proyectos la pieza pueda ser reajustada, llegando al acuerdo de que a través de la aplicación de herramientas de mejora continua como lo es el pokayoke se evitaría que la pieza sea mal acomodada y genere inconveniente como trabar el herramental durante el proceso, derivado a lo anterior, se colocaron bordes para un solo asentamiento. En la figura 29 se observa que la pieza no cuenta con bordes, la consecuencia que esto presenta es que esta puede ser colocada en una posición diferente, es por esta razón que se decide realizar un vaciado dentro del soporte para que la pieza asiente y no tenga movimientos laterales en cualquier dirección, quedando el resultado como se muestra en la figura 30.

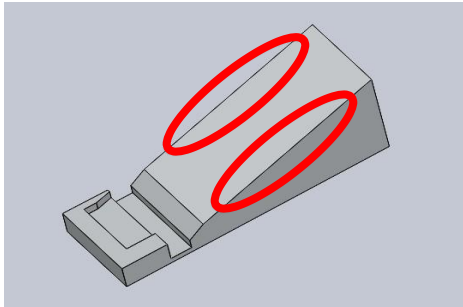


Fig. 29 Soporte inferior inicial
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

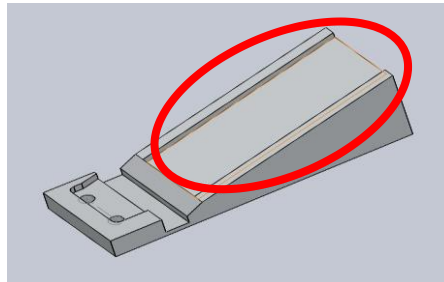


Fig. 30 Soporte inferior con vaciado
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Después de realizar este vaciado se realiza un chafilán en las orillas del interior de este, como se ve en la figura 31 para que no cuenten con filo y no rayen la pieza, de forma que no sea una condición insegura para el operador.

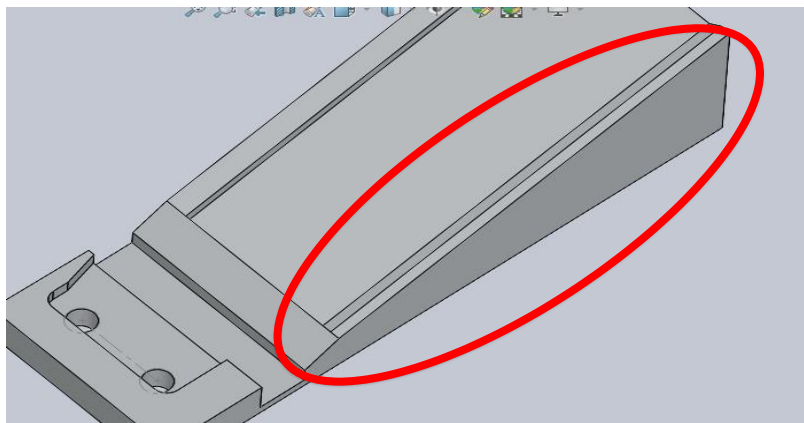
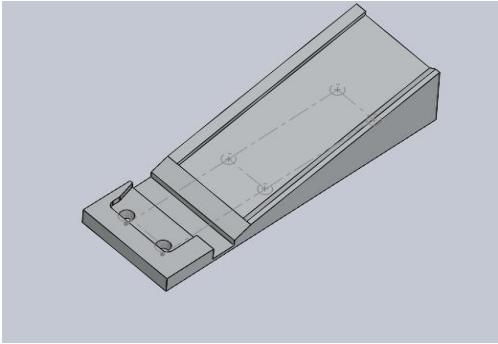
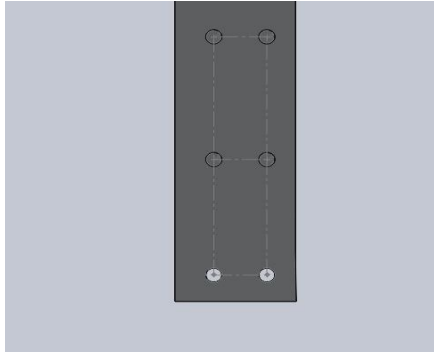


Fig. 31 Pieza con chafilán en los bordes para evitar daños
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Tabla 4.11 Diseño de soporte inferior de la pieza (Continuacion)

Para sujetar la pieza se realizaron 6 perforaciones a la pieza con rosca M10 para poder anclarla a la mesa intercambiable como se muestra en las figuras 32 y 33.	
 <i>Fig. 32 Pieza final</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)	 <i>Fig. 33 Vista Inferior de soporte inferior de pieza</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12 Diseño de soporte superior de la pieza

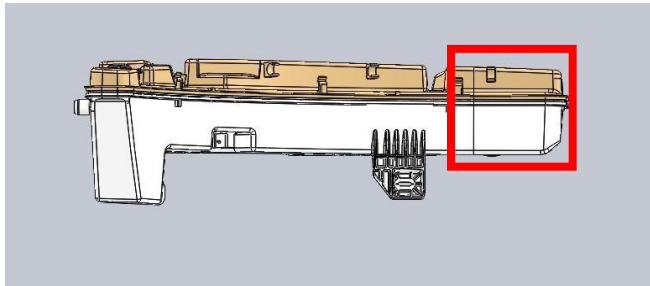
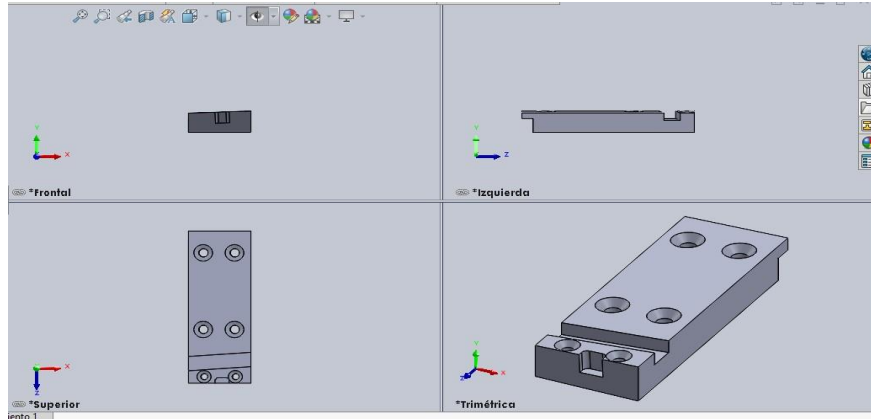
Diseño de soporte superior de pieza: Para este diseño se tomaron las medidas de la pieza del dibujo y una pieza física, este componente sostiene a la pieza desde la parte superior de la misma. Se buscó un encajonamiento de la pieza para que no tenga juego cuando sea colocada y que solo se pueda ser puesta en una sola posición. El material que se ocupara en esta pieza es Nylamid negro ya que con sus características se evita que la pieza sufra daños, en la figura 34 observamos que la pieza asienta sobre el soporte superior.	
 <i>Fig. 34 Pieza vista desde la parte inferior</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)	

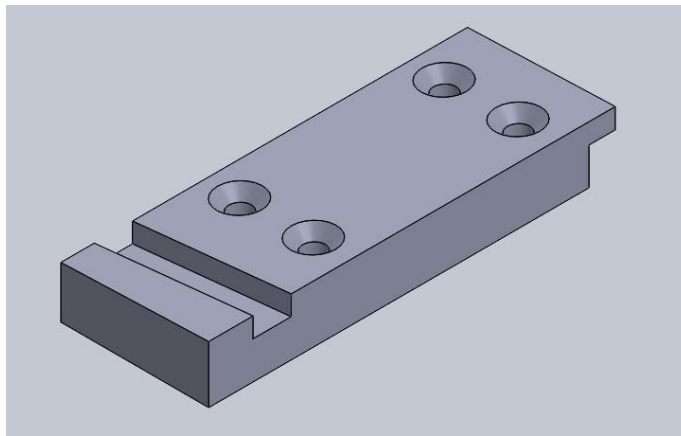
Tabla 4.12 Diseño de soporte superior de la pieza (Continuacion)

En la figura 35 se presenta una propuesta de diseño para el asentamiento de la pieza desde diferentes vistas.



*Fig. 35 Propuesta de diseño del soporte superior para el asentamiento de la pieza
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Es importante mencionar que para la elaboración de la pieza se contó con varias incógnitas de acuerdo con el asentamiento una vez ensamblada y lista para ser testeada, por ello, se comenzó con un diseño donde la pieza quedaría asentada tanto en el maquinado como posicionada en los labios de la pieza, como se muestra en la figura 36.



*Fig. 36 Soporte superior inicial
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Tabla 4.12 Diseño de soporte superior de la pieza (Continuacion)

La figura 37 muestra parte de la unión entre ambas piezas las cuales asientan en el soporte superior que sostiene la pieza, una pinza la cual sujeta el arnés que coloca el cliente. Con forme se fue realizando el diseño, se identifica un inconveniente, pues surge un detalle ya que se encima en el maquinado lo que genera que se rompa al momento de realizar la activación de los actuadores neumáticos cuando se inicie el testeo de la pieza. Derivado a la situación mencionada, se realiza un corte como presenta en la figura 38. Se visualiza que en el corte realizado se toma como guía para la pinza de la pieza final, contando esta última con perforaciones para tornillos de cabeza plana para sujetar a un perfil de aluminio dando la altura correspondiente.

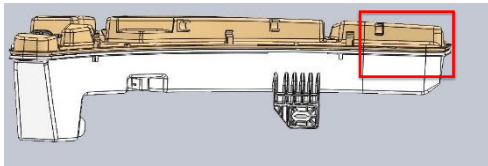


Fig. 37 Vista Inferior de Washer Reservoir
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

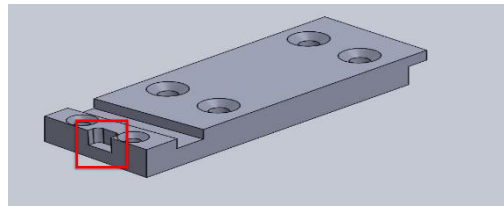
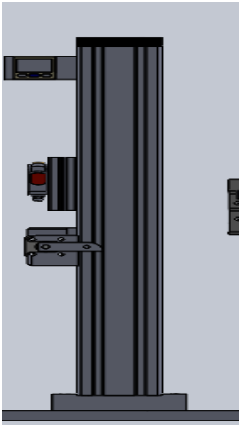
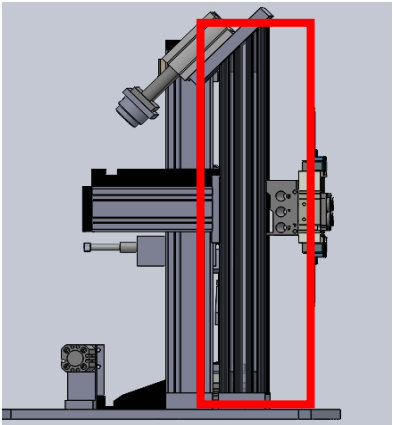
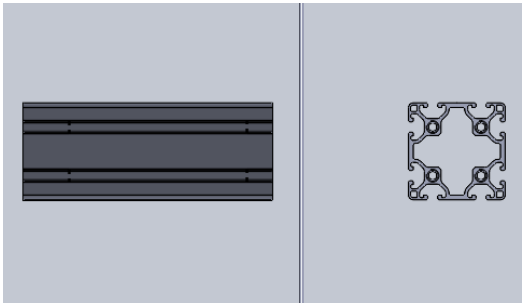


Fig. 38 Soporte superior final
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

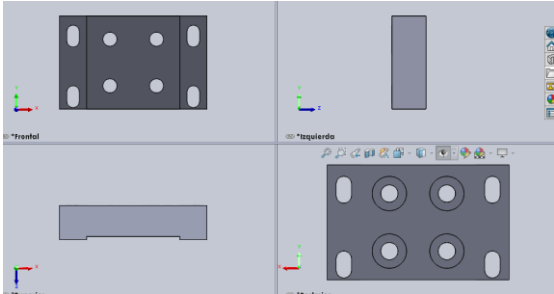
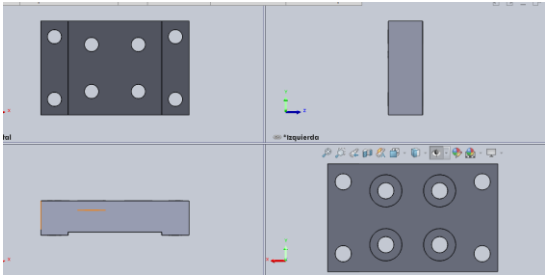
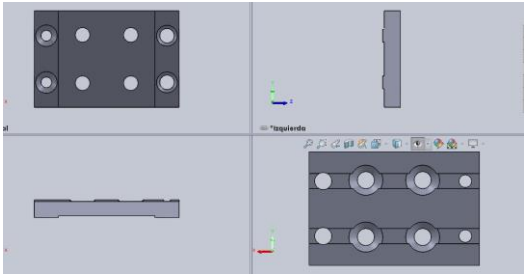
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.13 Diseño de perfiles para sujecion de soportes

Diseño de soporte superior de pieza: Para realizar estos diseños, se tuvo en cuenta que el perfil de 60mm x 60mm ofrecía una mayor rigidez y soporte más seguro para las piezas. Las alturas y posiciones fueron diseñadas en función de las características y consideraciones previamente identificadas del marcado láser y la altura de la pieza. El primer perfil se utilizó para sostener el presostato, junto con un perfil más pequeño con un sensor Keyence que detectaba la pieza y un actuador con un herramental que la sujetaba. La altura de este perfil era de 460mm, como se muestra en la figura 39.	
 <i>Fig. 39 Perfil 60x60 de altura de 460mm</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)	 <i>Fig. 40 Perfil de 60x60 con un corte a 40 grados</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)
También cuentan con un perfil de 60x60 que tiene un ángulo donde se coloca una placa que sostiene el pistón con la boquilla para el suministro de aire comprimido para el testeó de la pieza, como se observa en la figura 40. Además, es importante mencionar que este perfil sostiene otro perfil con su base, al cual está unido el soporte superior para la pieza y el manifold con las electroválvulas, como se observa en la figura. Se diseñó un perfil de 155 mm donde se propuso colocar el soporte de Nylamid que está unido a una base anclada al perfil de aluminio de 60x60 con el corte de 40 grados, representado en la figura 41.	
 <i>Fig. 41 Perfil de aluminio de 60x60x155</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14 Diseño de bases para perfiles

Diseño de bases para perfiles: Las bases se diseñan para colocar los perfiles y mejorar la estética del herramental, ya que no se anclan a la base del equipo, sino a una base propia. Existen diferentes modelos de bases para los perfiles, pero con medidas similares, pensando en la posibilidad de moverlas para ajustarlas a una mejor posición si fuera necesario. La figura 42 muestra la base del perfil que sostiene el sensor Keyence para una mejor referencia. Esta base tiene 8 orificios: 4 para el anclaje mediante tornillos de cabeza plana que permiten unir la base con el perfil de aluminio, y los otros 4 en forma de ranura, diseñados para ajustar posiciones y ángulos sin necesidad de fabricar una nueva pieza, lo que ahorra material y tiempo.	
 <i>Fig. 42 Base para perfil de 60x60x460</i> <i>Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)</i>	
En la figura 43 se observa la base del perfil con un corte en ángulo, similar a la mostrada en la figura 40, que también utiliza tornillos Allen M8. La principal diferencia entre ambas es que la base anterior contiene orificios tipo corredera. Por otro lado, la figura 44 muestra la base del perfil que sostiene el soporte superior de Nylamid negro. Esta base es diferente a las anteriores, ya que tiene guías del tamaño de las ranuras del perfil y utiliza orificios para tornillos M8 de cabeza plana, que se fijan al perfil de aluminio mediante nuts.	
 <i>Fig. 43 Base para perfil de 60x60 con corte de un Angulo de 40°</i> <i>Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)</i>	 <i>Fig. 44 Base con ranuras para encajonamiento en perfil de 60x60</i> <i>Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15 diseño de tapas para perfil y base de presostato

Diseño de tapas de los perfiles: El diseño de las tapas es uniforme para todos los perfiles. Se desarrollaron para eliminar el riesgo de cortes para el personal operativo al colocar la pieza y evitar daños en la misma, como cortes o rayones. Además, mejoran la presentación estética del herramienta. La figura 45 muestra el diseño de las tapas, las cuales se fijan con tornillos M8 de cabeza plana para ofrecer una mejor presentación.

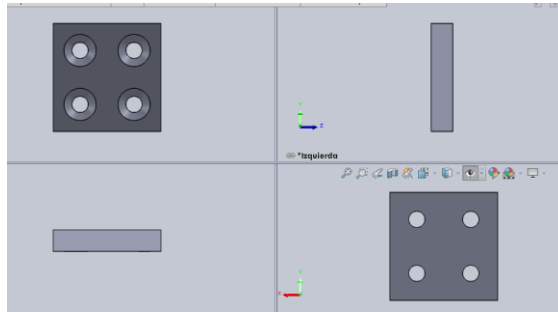


Fig. 45 Tapa de Nylamid para perfiles
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Diseño del herramental que sostiene el presostato: Esta pieza sostiene el presostato y se ancla al perfil de aluminio. Se han incluido detalles para que el presostato encaje correctamente. También se realizó un corte en forma de caja para evitar problemas con el cableado del presostato, visible en la figura 46. La figura 47 muestra la pieza desde cuatro vistas diferentes, donde se identifican los cinco orificios: cuatro para el anclaje del presostato y uno central para el paso del cableado. También se observa el vaciado para permitir la correcta conexión de los cables.

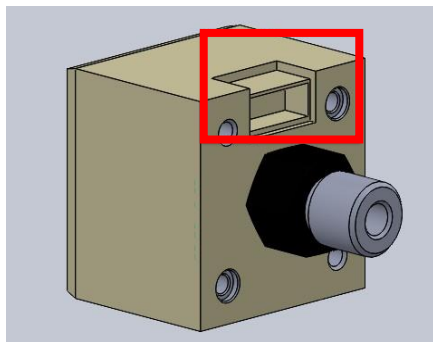


Fig. 46 Vista lateral del presostato
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

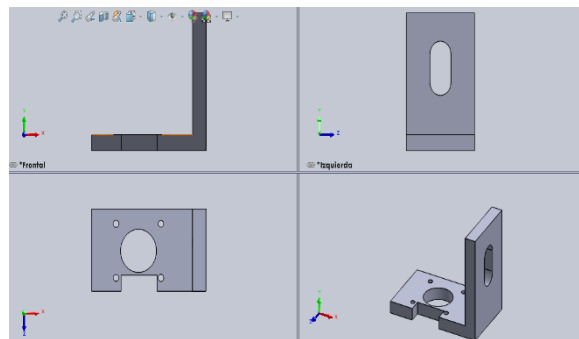
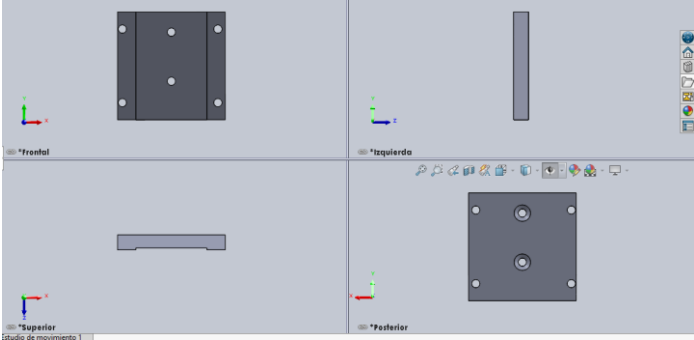
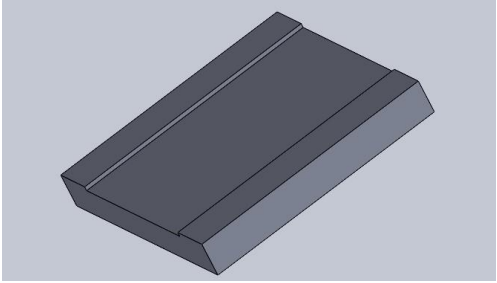
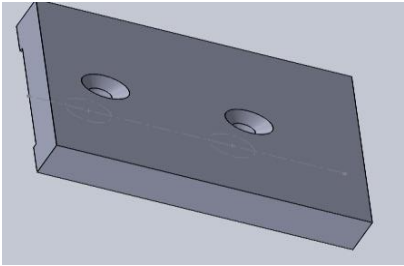


Fig. 47 Vista lateral del presostato
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16 Diseño de base para MXS 16-30

Diseño de base para MXS 16-30: Para este diseño, se toman como referencia las medidas del actuador neumático para asegurarse de que encaje perfectamente en la base. Se colocan los barrenos necesarios para los tornillos que sujetan el actuador y la base a la mesa del herramental. En la figura 48, se observan barrenos pasantes y barrenos para tornillos de cabeza plana M6.	
 <i>Fig. 48 Base para sentamiento de actuador neumático MXS 16-30</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)	
La pieza se inicia con una base a la que se le realiza un vaciado interno, permitiendo que el actuador neumático encaje de manera precisa. Posteriormente, se realizan perforaciones para tornillos M6 de cabeza plana, con el fin de unir el actuador a la base. Además, se colocan cuatro barrenos simétricos para tornillos M6 a lo largo de la pieza, lo que permite anclar la base a la mesa intercambiable, como se muestra en las figuras 49 y 50.	
 <i>Fig. 49 Base para actuador neumático con vaciado en el interior</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)	 <i>Fig. 50 Base con perforaciones para tornillo M6 cabeza plana</i> Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.17 Diseño de bases para pistón MGQ 25-50 y boquilla

Diseño de bases para pistón MGQ 25-50 y boquilla: Esta pieza incluye detalles de redondeo para evitar daños y asegurar que el taponamiento con el oblongo sea adecuado. Cuenta con una rosca interna para conectar un racor y una manguera, lo que permite que el aire suministrado y testeado por el ATEQ sea correcto. Al diseñar esta base, se toman las medidas del pistón MGQ 25-50 y se añade un extra para asegurar la distancia adecuada. Esto permite que, al activarse el herramental, el taponamiento se realice correctamente sin dañar la pieza. Si fuese necesario, la base puede ajustarse durante el ensamble final.

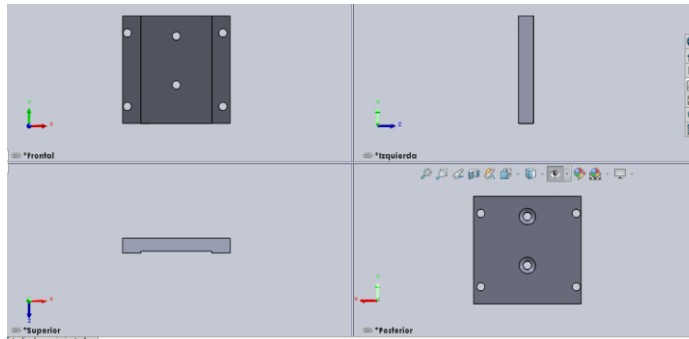


Fig. 51 Base para asentamiento de actuador neumático MGQ 25-50
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Además, se diseña una base que une el pistón con la boquilla que suministra el aire para el testeo. Esta base incluye barrenos M6 para tornillos de cabeza plana, que sujetan la boquilla, y ranuras que permiten ajustar la posición entre la placa del pistón y la base, como se ve en la figura 52.

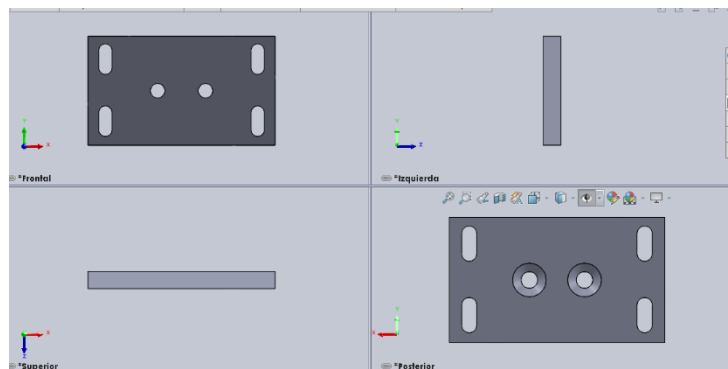


Fig. 52 Diseño de base para unión entres boquilla y actuador neumático
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.18 Diseño de boquilla

Diseño de boquilla que suministra el aire a la pieza: La boquilla está diseñada en acero inoxidable, debido a que se trabaja continuamente con aire comprimido, lo que previene la corrosión del material. Este maquinado incluye orificios roscados M6 para anclar la boquilla a la placa que la une con el pistón MGQ 25-50, además de una rosca de 1/8 NPT para las conexiones necesarias, en la figura 53 se observa el diseño.

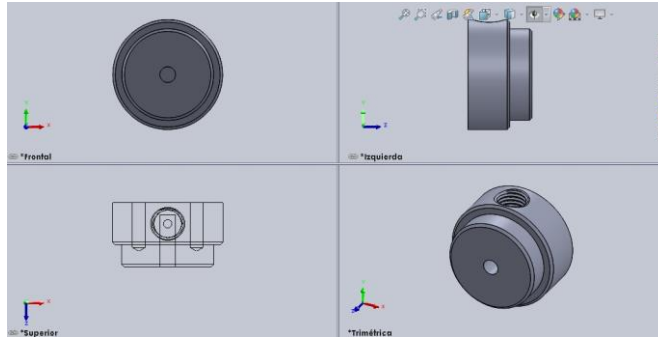


Fig. 53 Diseño de boquilla de suministro de aire
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Esta pieza cuenta con algunos detalles de redondeo en la pieza para evitar daños a la pieza y el taponamiento con el oblongo sea adecuado, cabe mencionar que cuenta con una rosca interna a la cual se le conectara un racor y una manguera para que el aire suministrado y testeado por el ATEQ sea el correcto, como se ve en la Fig.54

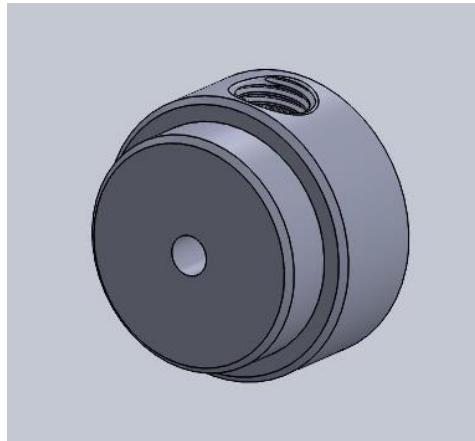


Fig. 54 Boquilla en vista isométrica donde se observa la entrada de aire como la salida
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19 Diseño de base para pistón MKB 16-30 LZ

Diseño de base para pistón MKB 16-30 LZ: En esta base se realiza el anclaje del pistón, permitiendo que funcione en conjunto con un sujetador para sostener la pieza. En la ilustración 55, se aprecian varios detalles: en la vista frontal, el anclaje para el perfil, que asegura que la base no se mueva de posición; en la vista izquierda, se observan los barrenos pasantes para sujetar el pistón; y en la vista superior, los barrenos de cabeza plana para los tornillos que fijan la pieza al perfil. La vista trimétrica revela los detalles que permiten que el actuador encaje de manera precisa.

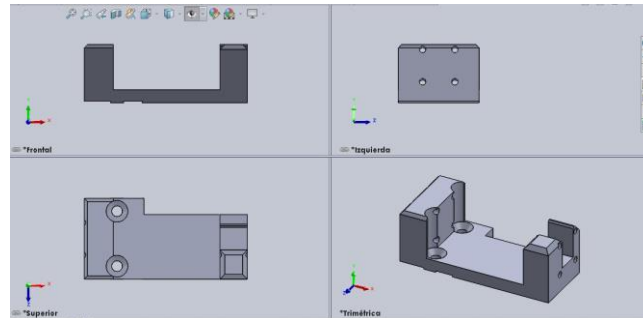


Fig. 55 Base para asentamiento de actuador neumático MKB 16-30 LZ
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20 Diseño de sujetador de pieza

Diseño de sujetador de pieza para el MKB 16-30 LZ: Este sujetador se une al pistón MKB 16-30 LZ y asegura la pieza a través del movimiento generado por el pistón. El maquinado incluye un barreno pasante para sujetarlo al pistón y un barreno roscado M5 que permite anclar un clamp en caso necesario. La figura 56 muestra el diseño realizado.

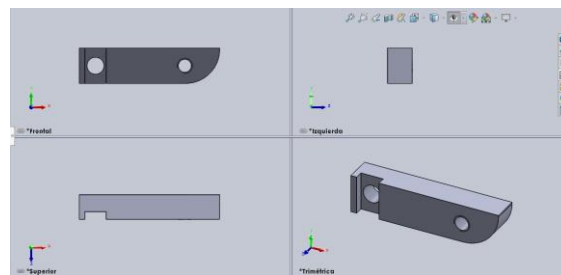


Fig. 56 Sujetador de pieza
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21 Diseño de base para perfil 20x20

Diseño de base para perfil 20x20 para el MXS 16-30: Esta base está diseñada para sostener un perfil de 20x20, el cual será el soporte de otros maquinados que contendrán los sensores para las terminales. Los barrenos de sujeción se realizaron tomando como referencia el actuador MXS 16-30, la figura 57 presenta la base elaborada.

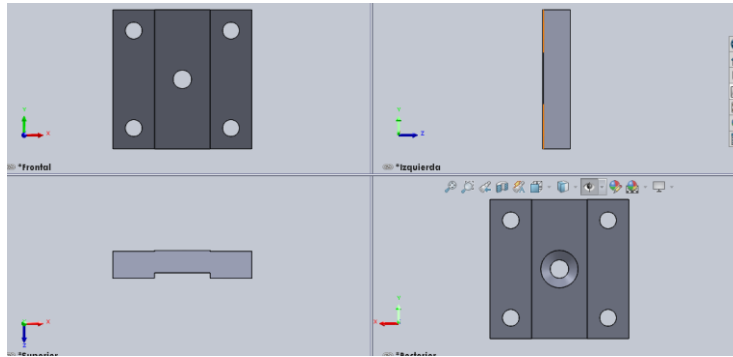


Fig. 57 Base para perfil de 20x20 que estará anclado al actuador neumático MXS 16-30
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22 Diseño de perfil 20x20

Diseño de perfil 20x20: El perfil tiene una altura de 151 mm de extremo a extremo, con un corte en ángulo de 40 grados. Además, incluye un orificio roscado M6 para la sujeción a una placa previa y un roscado M5 para fijar otra placa adicional, la figura 58 muestra los perfiles usados.

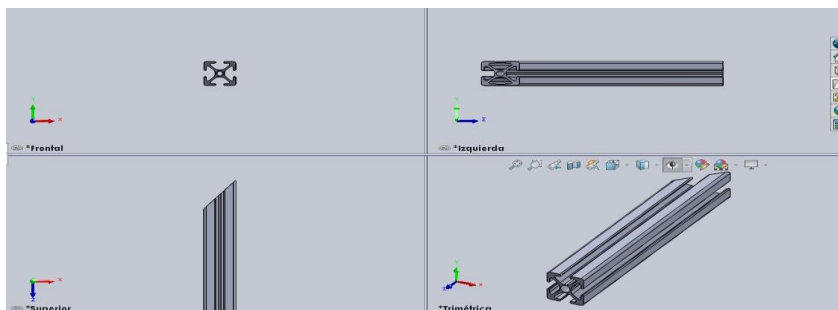
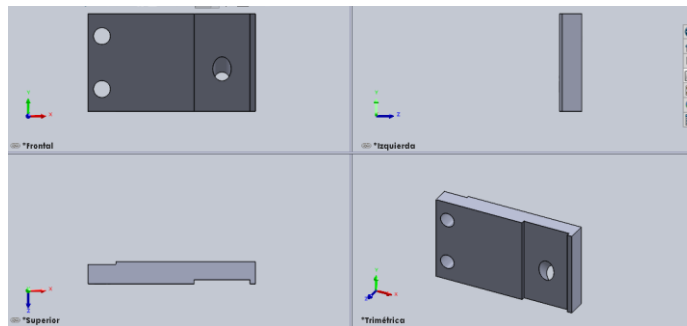


Fig. 58 Perfil 20x20
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

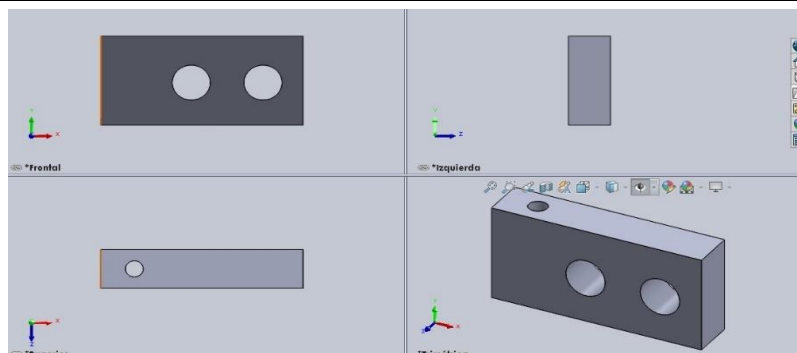
Tabla 4.23 Diseño de bases para sensores M12 y sensores M8

Diseño de bases para sensores M12 y sensores M8 para pines de la pieza: Para el diseño del herramental que sostiene los sensores M8, se realizaron dos placas: una para anclaje al perfil de 20x20 y otra para sostener los sensores. Esta última permite ajustar la posición de los sensores aprovechando su sensibilidad, evitando que se dañen durante el funcionamiento del actuador neumático mientras siguen detectando las terminales de la pieza. En la figura 59, se observa la placa anclada al perfil con un barreno en ángulo de 40 grados para un anclaje preciso.



*Fig. 59 Base que se va a anclar en el perfil de 20x20
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Para los sensores, se diseñó otro maquinado con roscados M5 para su sujeción y barrenos pasantes M8 para instalar los sensores, con la distancia adecuada entre ellos para detectar las terminales de la pieza. Los sensores no llevan cuerda, lo que facilita su reemplazo, ya que se sujetan con contratuercas. Para el diseño del herramental que sujeta el sensor M12, que detecta el inserto metálico, también se diseñaron dos bases: una anclada al perfil y otra que sostiene el sensor M12, la figura 60 presenta la boquilla diseñada.



*Fig. 60 Boquilla en vista isométrica donde se observa la entrada de aire como la salida
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Tabla 4.24 Diseño de bases para sensores M12 y sensores M8 (continuación)

En la figura se muestra la base anclada al perfil, con dos orificios roscados para tornillos M5 y un corte en ángulo de 40 grados, facilitando su sujeción al perfil de 20x20. La figura 61 muestra la base donde se coloca el sensor M12, con orificios para su anclaje con tornillos tipo Allen y un barreno pasante M12 para el sensor, que se sujeta con contratuercas y la figura 62 muestra la base con las ranuras.

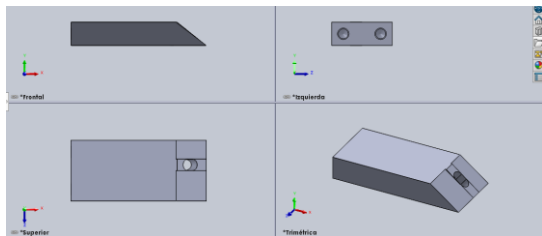


Fig. 61 Base que se va a anclar en el perfil de 20x20
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

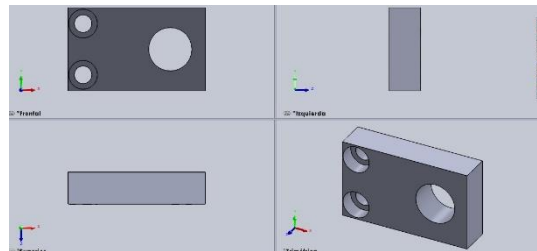


Fig. 62 Base para sensor inductivo M12
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.25 Diseño de soporte para CD55B20-20M

Diseño de soporte para CD55B20-20M: Este soporte sostiene el actuador neumático CD55B20-20M, colocándolo a la altura de la bomba para garantizar el taponamiento adecuado, evitando fugas de aire y asegurando un testeo correcto. El soporte cuenta con barrenos para anclarlo a la mesa mediante tornillos M8 y cuatro barrenos adicionales para unir el soporte al pistón. En el centro, tiene un barreno pasante de 16.5 mm que permite el libre movimiento necesario para su función, la figura 63 muestra el diseño.

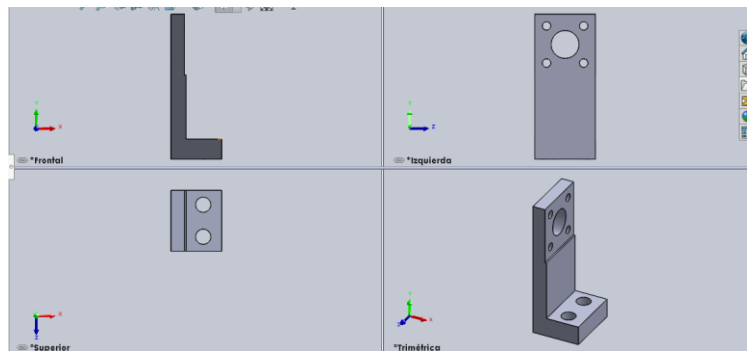
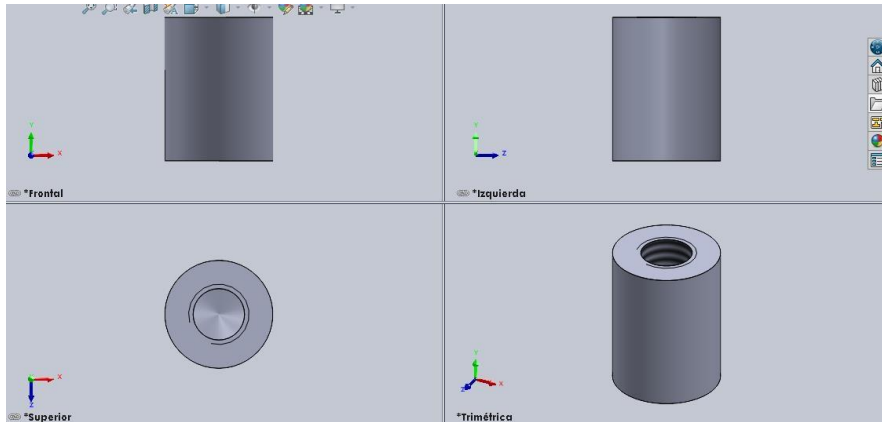


Fig. 63 Base que se va a anclar en el perfil de 20x20
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

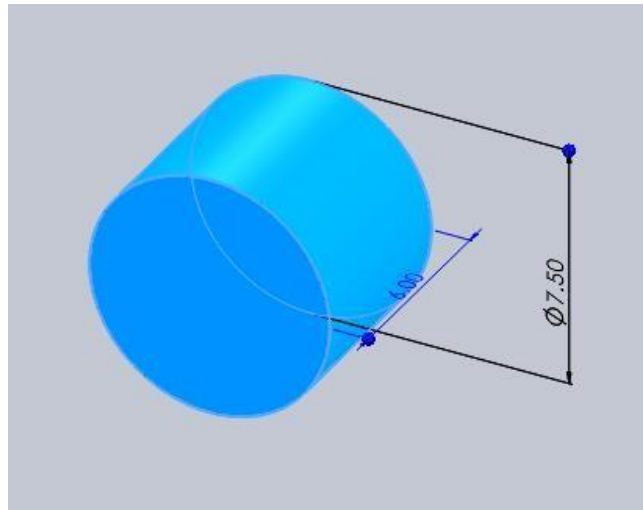
Tabla 4.26 Diseño de boquilla para taponamiento de bomba

Diseño de boquilla para taponamiento de bomba: Esta boquilla se conecta al pistón CD55B20-20M. En un extremo tiene una rosca M8, y en el otro un barreno de 7.5 mm de profundidad y 6.90 mm de diámetro, diseñado para que la goma se ajuste a presión sin dejar espacios donde pueda fugarse el aire. Además, este barreno incluye un chaflán de 1.5 mm a 45 grados, para evitar dañar la boquilla durante el taponamiento de la bomba, la figura 64 presenta el diseño de la boquilla.



*Fig. 64 Boquilla para realizar el accionamiento de taponamiento
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

La figura 65 muestra las medidas de la goma que se utilizará en las boquillas diseñadas para este propósito.

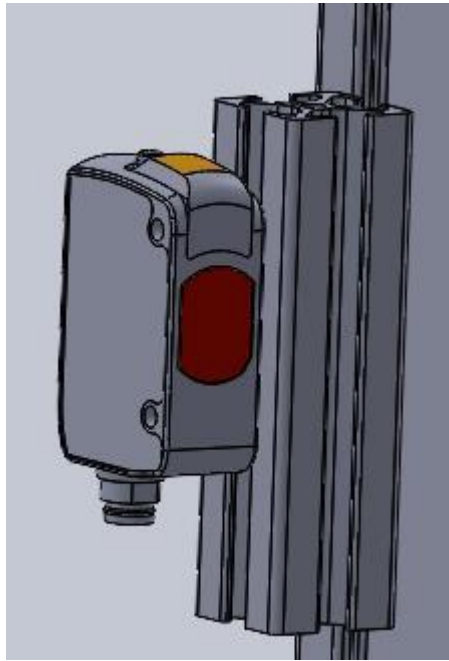


*Fig. 65 Goma que se colocara en la boquilla de taponamiento
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.27 Diseño de perfil para colocación de sensor keyence

Diseño de perfil para colocación de sensor keyence: Este perfil sostiene un sensor de la marca Keyence que realiza la función de detectar piezas en el herramental de 20x20 con una longitud de 70 mm, la figura 66 muestra el diseño del perfil elaborado.



*Fig. 66 Perfil 20x20 sosteniendo un sensor keyence
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Diseño en 2D

Se inició con los dibujos en 3D antes de pasar a 2D las siguientes razones.

1. Se visualizó el concepto inicial

Se inició con el dibujo en 3D ya que se pudo ir ensamblando pieza por pieza, con el objetivo de ir analizando si las relaciones de ensamblaje coincidían o se tenía que realizar algún ajuste.

2. Simplicidad y rapidez

Se permitió explorar y modificar múltiples opciones y enfoques de diseño sin invertir mucho tiempo, esto a través del software solidworks.

3. Base para el desarrollo 3D

Los dibujos, que se pueden visualizar en los anexos, sirvieron como guía para el modelado en 2D, pues sirvieron de base para las proporciones, las dimensiones y las relaciones geométricas fundamentales.

4. Reducción de costos y tiempo:

Se permitió realizar los ajustes y modificaciones en un dibujo 3D pues como se menciona en el primer punto, se logró ir haciendo los ajustes en el momento de ensamblaje con la finalidad de reducir los costos.

5. Prototipado más eficiente:

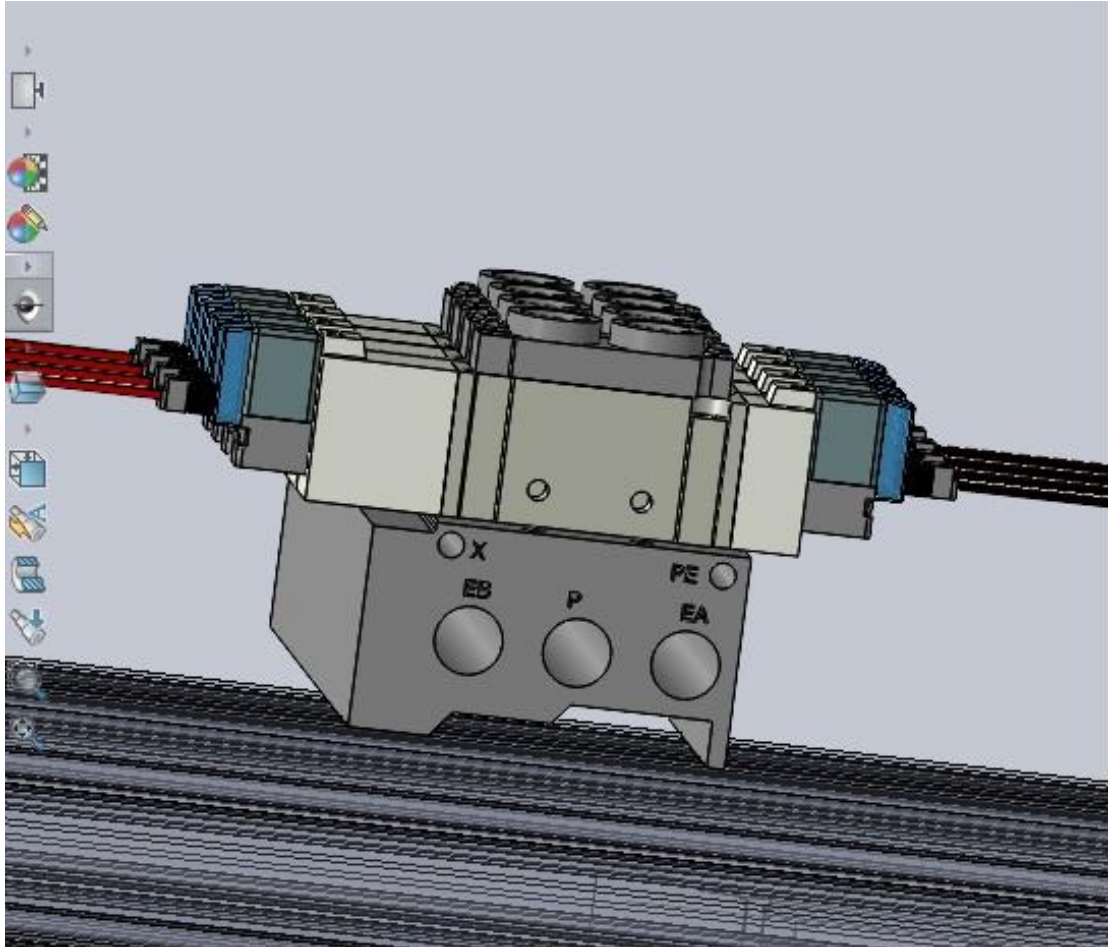
Al tener una base en 3D bien definida, la transición a 2D fue más precisa y eficiente.

Los dibujos en 2D se pueden analizar en los anexos que se encuentran en la página con vistas europeas, ya que estas permiten representar un objeto tridimensional en 2D de forma estandarizada, lo cual es crucial en la ingeniería, manufactura, arquitectura y otros campos técnicos. Ayudan a que diferentes profesionales de distintos lugares puedan interpretar los dibujos sin confusión, siguiendo una misma convención.

4.3. Etapa 3: Ensamble final y colocación de electroválvulas en el diseño

Tabla 4.28 Ensamble de las electroválvulas en manifold

Se colocaron las electroválvulas en el manifold en el perfil de 60 x 60 previamente instalado con un ángulo de 40 grados como se muestra en la figura 67.



*Fig. 67 Electroválvulas conectadas al Manifold anclado al perfil de 60x60
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)*

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.29 Ensamble final

Posteriormente, las siguientes figuras muestran el ensamble completo de todos los elementos diseñados por diferentes vistas y estos sean colocados en el tanque de agua para limpiaparabrisas del Audi Q5, el ensamble final se presenta en la figura 68.

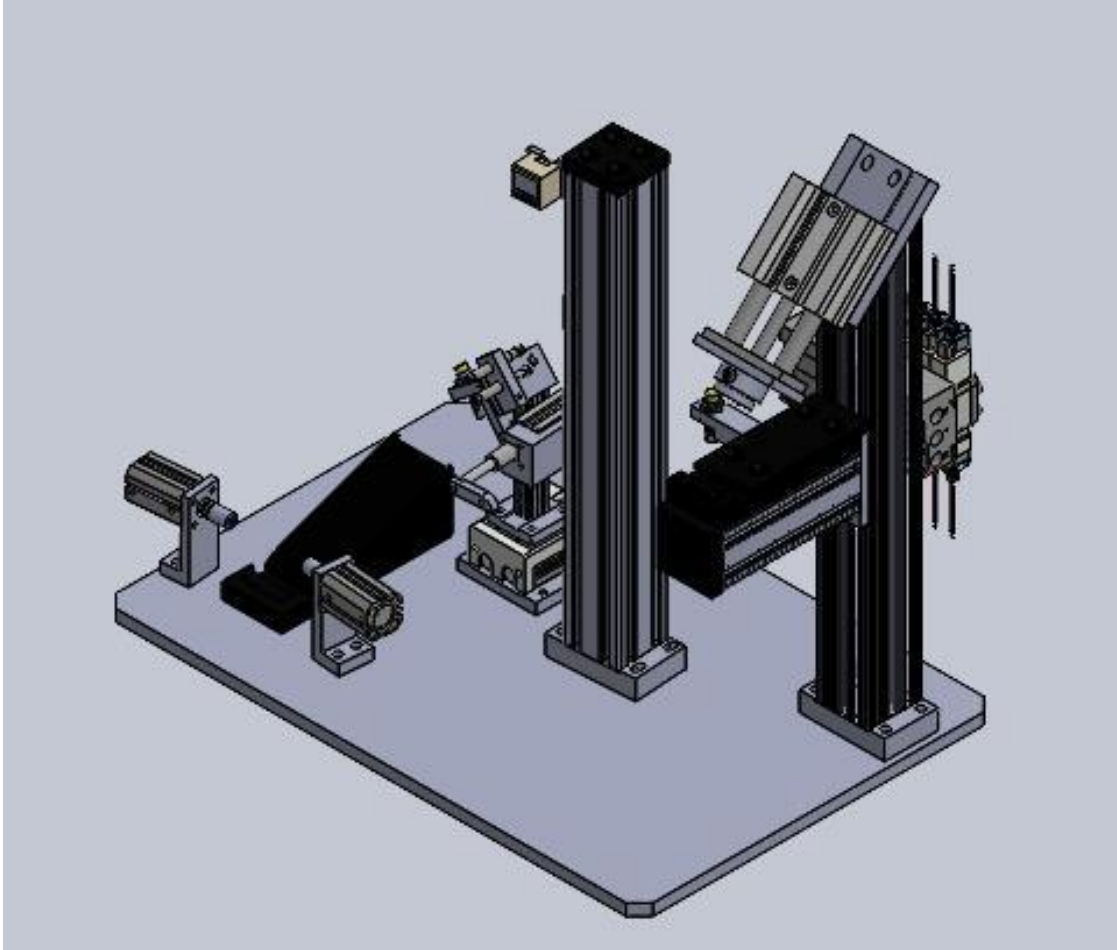


Fig. 68 Vista Isométrica de ensamble general
Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.30 Vistas del ensamble final

Posteriormente, la figura 69 muestra el ensamble completo de todos los elementos diseñados por diferentes vistas y estos sean colocados en el tanque de agua para limpiaparabrisas del Audi Q5.

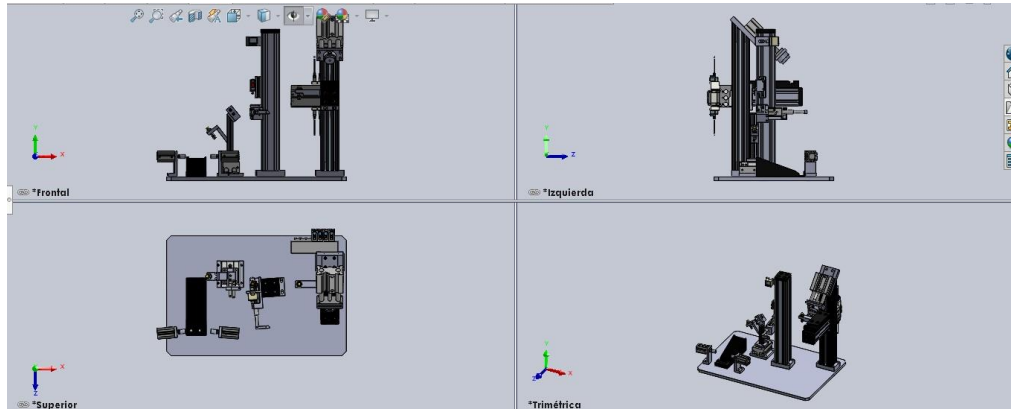


Fig. 69 Vistas del ensamble general

Fuente: Elaboración propia dibujado en SolidWorks (2023)

Fuente: Elaboración propia

4.4. Etapa 4: Selección de la prueba a realizarse

La prueba que se aplicó para este proyecto es de hermeticidad, pues con ella se detectan y previenen fugas, además de que se asegura que no haya pérdida de energía o producto, mejorando el rendimiento de dispositivos que deben operar de manera eficiente, su aplicación es de la siguiente forma: Derivado a lo anterior, el equipo de fugas utilizado es el ATEQ F620 ya que la integración de este equipo con un sistema neumático permitió asegurar la hermeticidad y detectar pequeñas fugas que puedan comprometer el rendimiento de los componentes neumáticos.

El ATEQ F620 se conecta directamente a los componentes del sistema neumático como válvulas, actuadores, cilindros, tuberías, y otros dispositivos bajo presión. Posteriormente, se introduce aire comprimido en el sistema a través del ATEQ F620, utilizando las entradas de presión diseñadas para conectar el equipo al sistema. El equipo puede realizar pruebas tanto en presión positiva como en presión negativa (vacío), dependiendo de las necesidades del sistema neumático. Los parámetros de operación del sistema de prueba de hermeticidad fueron definidos conforme a las condiciones de validación del proceso. En la Tabla 4.31 se presentan los valores configurados en el equipo de prueba de fugas, los cuales establecen los tiempos del ciclo, rangos de presión y criterio de aceptación utilizados durante la evaluación del sistema.

Tabla 4.31 Parametros de operación del ATEQ

Parámetro	Valor configurado
Tipo de prueba	Leak Test
Tiempo de llenado (<i>Fill time</i>)	3.9 s
Tiempo de estabilización (<i>Stabilization time</i>)	17 s
Tiempo de prueba (<i>Test time</i>)	5 s
Presión mínima de llenado	0.119 bar
Presión máxima de llenado	0.360 bar
Unidad de medición de fuga	Pa/s
Criterio de rechazo (<i>Test Fail</i>)	> 40 Pa/s

Fuente: Elaboración propia

La figura 70 presenta la interfaz de configuración del equipo de prueba de fugas utilizada durante la validación del sistema de hermeticidad. En esta se observan los parámetros operativos definidos para el ciclo de prueba, incluyendo los tiempos de llenado, estabilización y medición, así como los límites de presión y el criterio de aceptación de fuga. Estos valores establecen las condiciones bajo las cuales se ejecuta la evaluación de hermeticidad, asegurando que las mediciones se realicen de manera controlada, repetible y conforme a los requerimientos del proceso de inspección.

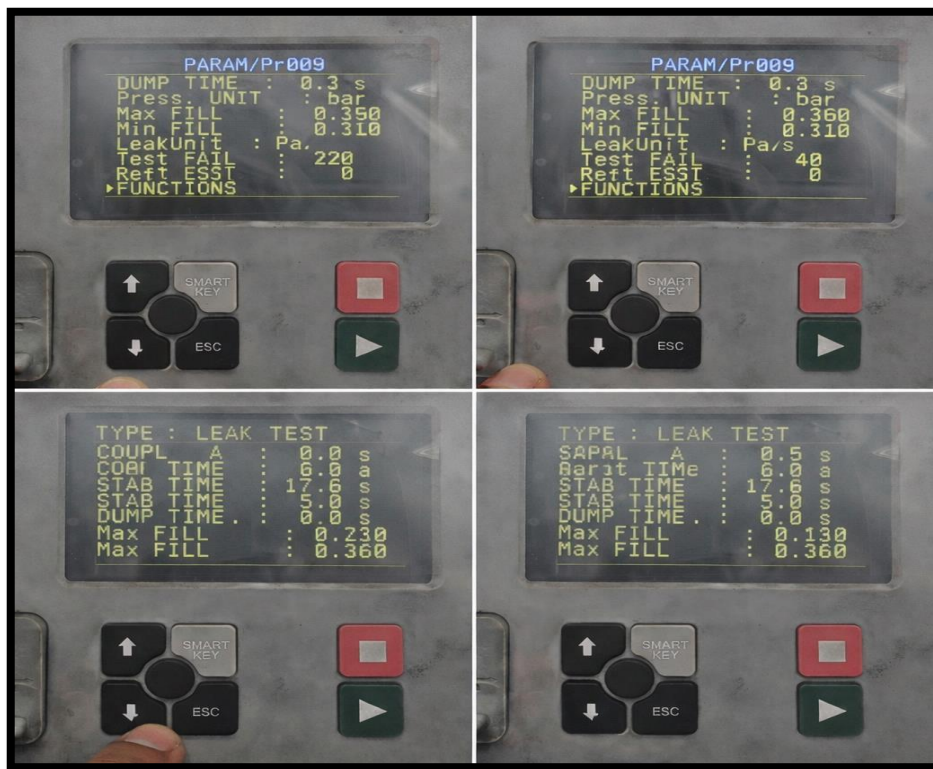


Fig. 70 Interfaz de configuracion
Fuente: Elaboración propia

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL PROYECTO

Análisis del Proyecto: El proyecto se centró en el diseño de un herramental especializado para realizar pruebas de hermeticidad en los tanques de agua del Audi Q5. Este análisis aborda varios aspectos cruciales en el contexto de la fabricación automotriz:

Importancia de la Hermeticidad:

- La hermeticidad de los tanques es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema de limpieza de parabrisas, un elemento vital para la seguridad del conductor. Cualquier fuga o defecto puede comprometer la visibilidad y, por ende, la seguridad vial.

Reputación y Satisfacción del Cliente:

- Los tanques defectuosos pueden afectar negativamente la reputación de la marca y la satisfacción del cliente. En la industria automotriz, donde la competencia es feroz, cualquier caída en la calidad puede derivar en pérdidas significativas, desde retiros masivos de vehículos hasta problemas legales costosos.

Seguridad de los Trabajadores:

- El uso de herramientas inadecuadas no solo puede generar defectos en los productos, sino también exponer a los operarios a riesgos laborales. Diseñar herramientas que garanticen una inspección eficiente y protejan la integridad del personal es crucial para optimizar los procesos productivos.

Eficiencia y Productividad:

El enfoque ergonómico y la eficiencia en las pruebas disminuyen los errores humanos y tiempos de inspección, lo que se traduce en una mayor productividad y reducción de costos.

Resultados del Proyecto

- **Diseño y Validación del Herramental:**

Se diseñó un herramental especializado utilizando software CAD, que permitió una visualización precisa y la optimización de su estructura antes de su fabricación. La validación del prototipo en condiciones reales de operación confirmó que el herramental cumplía con las expectativas de desempeño en entornos industriales.

Selección de Materiales:

- Se seleccionaron materiales como Nylamid, acero inoxidable y aluminio por sus propiedades de resistencia y durabilidad, asegurando que el herramental funcione correctamente y tenga una larga vida útil.

Automatización de Pruebas:

- La implementación de un sistema neumático eficiente permitió automatizar las pruebas de hermeticidad, minimizando la intervención humana y reduciendo el margen de error.

Mejora en la Calidad del Producto:

- La precisión de las pruebas de hermeticidad mejoró significativamente, asegurando que los tanques de agua cumplan con los más altos estándares de calidad y seguridad.

Incremento en la Productividad:

- La automatización y optimización de las pruebas redujeron los tiempos de inspección y los costos operativos, incrementando la productividad de la planta.

Recomendaciones:**Mantenimiento y Calibración:**

- Realizar un mantenimiento y calibración periódicos del herramental para asegurar su funcionamiento adecuado a lo largo del tiempo.

Capacitación del Personal:

- Capacitar al personal en el uso y mantenimiento del nuevo herramental para maximizar su eficiencia y minimizar los riesgos laborales.

Monitoreo Continuo:

- Implementar un sistema de monitoreo continuo para detectar y corregir cualquier desviación en el rendimiento del herramental.

Actualización Tecnológica:

- Mantenerse al día con las últimas tecnologías en diseño y pruebas de hermeticidad para seguir mejorando la calidad y eficiencia de los procesos.

6. SECCION DE DISCUSION

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto muestran que el diseño del herramental propuesto cumple de manera satisfactoria con el objetivo de realizar pruebas de hermeticidad de forma segura, eficiente y repetible en los tanques de agua automotrices de la camioneta Audi Q5. A partir del análisis del diseño mecánico, la selección de materiales, actuadores y sensores, así como de su correcta integración, se identifica una mejora respecto a los métodos tradicionales de inspección manual, particularmente en términos de estabilidad del proceso, reducción de la intervención humana y mayor control de las condiciones de prueba. Un aspecto relevante del sistema es la incorporación de sensores para la detección de presencia y correcta colocación de componentes del tanque como son los oblongos y las terminales metálicas antes de iniciar la prueba de presión. Este control previo permite verificar condiciones mínimas de ensamble, reduciendo la probabilidad de ejecutar pruebas sobre piezas incompletas, mal posicionadas o con ausencia de elementos. La detección de componentes funciona, por tanto, como un mecanismo de aseguramiento de la calidad previo a la validación de hermeticidad, al integrar funciones de verificación de presencia y posicionamiento dentro del mismo ciclo automatizado. Esto contribuye a reducir errores operativos y a mejorar la confiabilidad del proceso de inspección.

Asimismo, la automatización de la secuencia neumática permite establecer condiciones de operación más controladas y repetibles en comparación con procedimientos manuales. El proceso se configuró como una prueba de tipo *leak test*, considerando un tiempo de llenado (*fill time*) de aproximadamente 3.9 segundos, un tiempo de estabilización (*stabilization time*) de 17 segundos y un tiempo de prueba (*test time*) de 5 segundos. Durante la fase de llenado se trabajó con un rango de presión comprendido entre 0.119 bar como valor mínimo y 0.360 bar como valor máximo, parámetros que permiten alcanzar condiciones estables antes de la evaluación de fugas. La medición de fuga se expresó en unidades de Pa/s, estableciendo un criterio de rechazo (*test fail*) para valores superiores a 40 Pa/s, lo que define un umbral de aceptación acorde con pruebas de hermeticidad en componentes automotrices. La integración del equipo detector de fugas dentro del sistema refuerza esta estandarización, al basarse en

parámetros definidos de presión y caída de presión para la evaluación objetiva del componente. Es importante señalar que no fue posible disponer de registros estadísticos detallados posteriores a la implementación del sistema, debido a restricciones relacionadas con la confidencialidad de la información interna de la empresa donde se desarrolló el proyecto. Por esta razón, el análisis se sustenta en el comportamiento funcional observado durante la etapa de implementación y en la coherencia del diseño con los principios teóricos aplicados, lo cual delimita el alcance del estudio sin invalidar la evaluación técnica del sistema.

7. CONCLUSIONES

El proyecto de diseño de un herramental especializado para pruebas de hermeticidad en los tanques de agua del Audi Q5, desarrollado en CEBI Industrias México SA de CV, ha demostrado ser un esfuerzo integral y exitoso en la mejora de los procesos de fabricación y control de calidad en la industria automotriz. Alineado con el objetivo general de diseñar un herramental capaz de realizar pruebas de hermeticidad mediante sistemas neumáticos y maquinados, el proyecto ha cumplido con los objetivos específicos planteados, logrando avances significativos en varias áreas clave. En primer lugar, se realizó un análisis exhaustivo de los requisitos técnicos y normativos para las pruebas de hermeticidad, asegurando que el diseño del herramental cumpliera con los estándares de la industria y las regulaciones aplicables. Este análisis fue fundamental para definir los parámetros críticos del diseño, como la presión requerida y las condiciones de operación, garantizando la precisión y fiabilidad de las pruebas.

La selección de materiales y componentes adecuados, como Nylamid, acero inoxidable y aluminio, fue otro aspecto crucial del proyecto. Estos materiales fueron elegidos por su resistencia, durabilidad y compatibilidad con los sistemas neumáticos y de sellado, asegurando que el herramental no solo funcione correctamente, sino que también tenga una larga vida útil y reduzca el riesgo de fallos durante el proceso de inspección. El uso de software de Diseño Asistido por Computadora (CAD) permitió modelar y optimizar el herramental antes de su fabricación, facilitando la detección de posibles áreas de mejora y asegurando un diseño funcional, ergonómico y seguro para los operarios. La implementación de un sistema

neumático eficiente automatizó las pruebas de hermeticidad, minimizando la intervención humana y reduciendo el margen de error, lo que incrementó la productividad y redujo los costos operativos. Finalmente, la validación del prototipo en condiciones reales de operación confirmó que el herramental cumplía con las expectativas de desempeño en entornos industriales. Esta fase permitió ajustar cualquier aspecto técnico del diseño antes de su adopción a gran escala, garantizando que el producto final fuera de alta calidad. En conclusión, este proyecto representa un avance significativo en la mejora de los procesos de control de calidad en la fabricación de tanques de agua para sistemas de limpieza automotriz. Al integrar soluciones tecnológicas avanzadas y optimizar tanto la seguridad del producto como la eficiencia del proceso productivo, se ha logrado un impacto positivo en la satisfacción del cliente, la competitividad de la empresa y la seguridad de los trabajadores.

8. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante la estancia de 6 meses en la empresa CEBI INDUSTRIAS MEXICO y con la realización del proyecto de “Reducción de tiempo ciclo en la End Of Line de la línea de bombas” se desarrollaron las siguientes competencias

Instrumentales

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organizar y planificar actividades.
- Conocimientos generales básicos.
- Conocimientos básicos de la carrera.
- Comunicación oral y escrita en su propia lengua.
- Solución de problemas.
- Toma de decisiones.

Interpersonales

- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajo en equipo.
- Habilidades interpersonales.

- Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario.
- Capacidad de comunicarse con profesionales de otros departamentos de la empresa.
- Habilidad para trabajar en un ambiente laboral bajo presión.
- Compromiso ético

Competencias sistémicas

- Habilidades de investigación.
- Capacidad de aprender.
- Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.
- Capacidad de generar nuevas ideas o dar soluciones al momento de una falla
- Habilidad para trabajar en forma autónoma

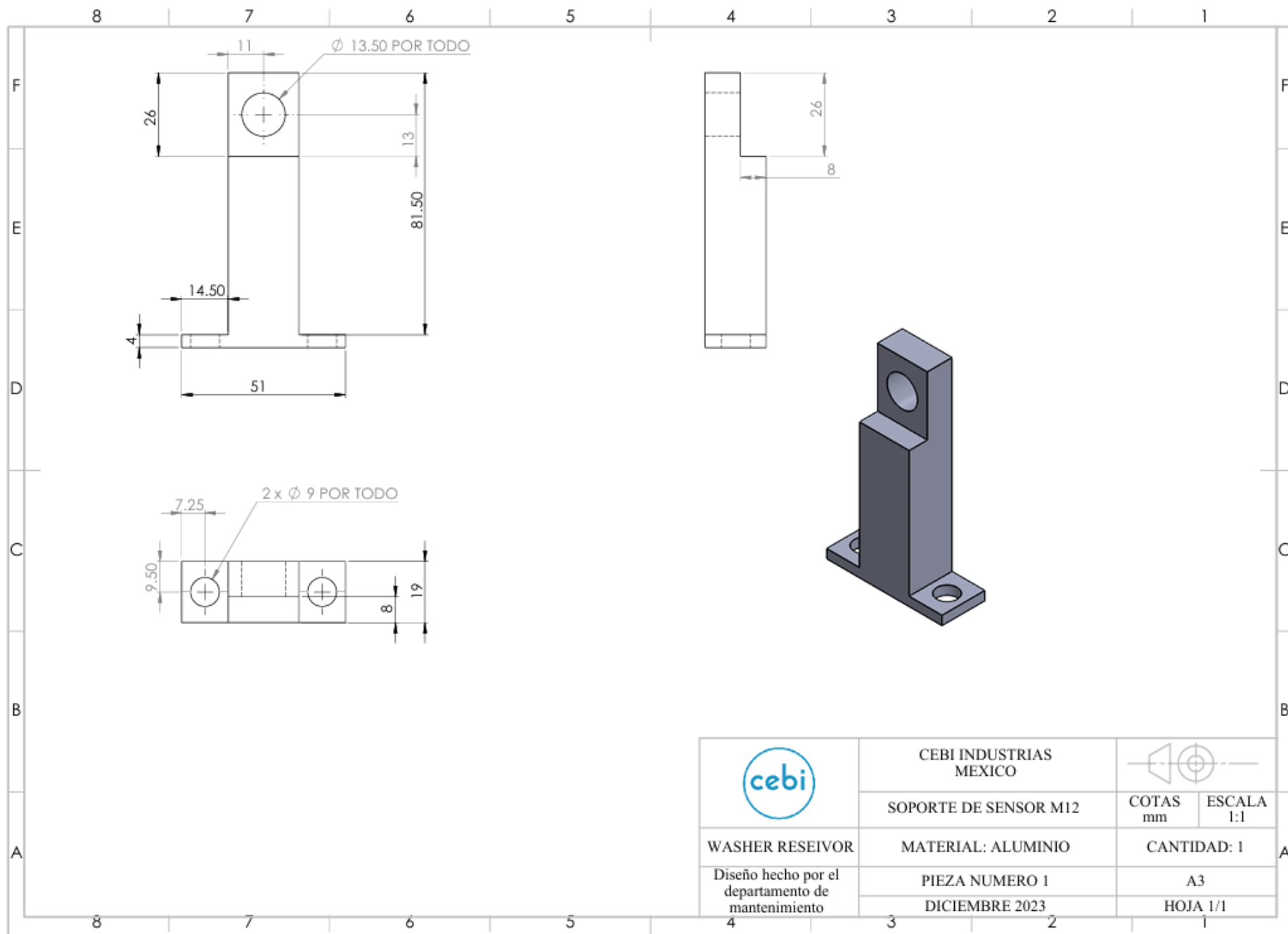
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

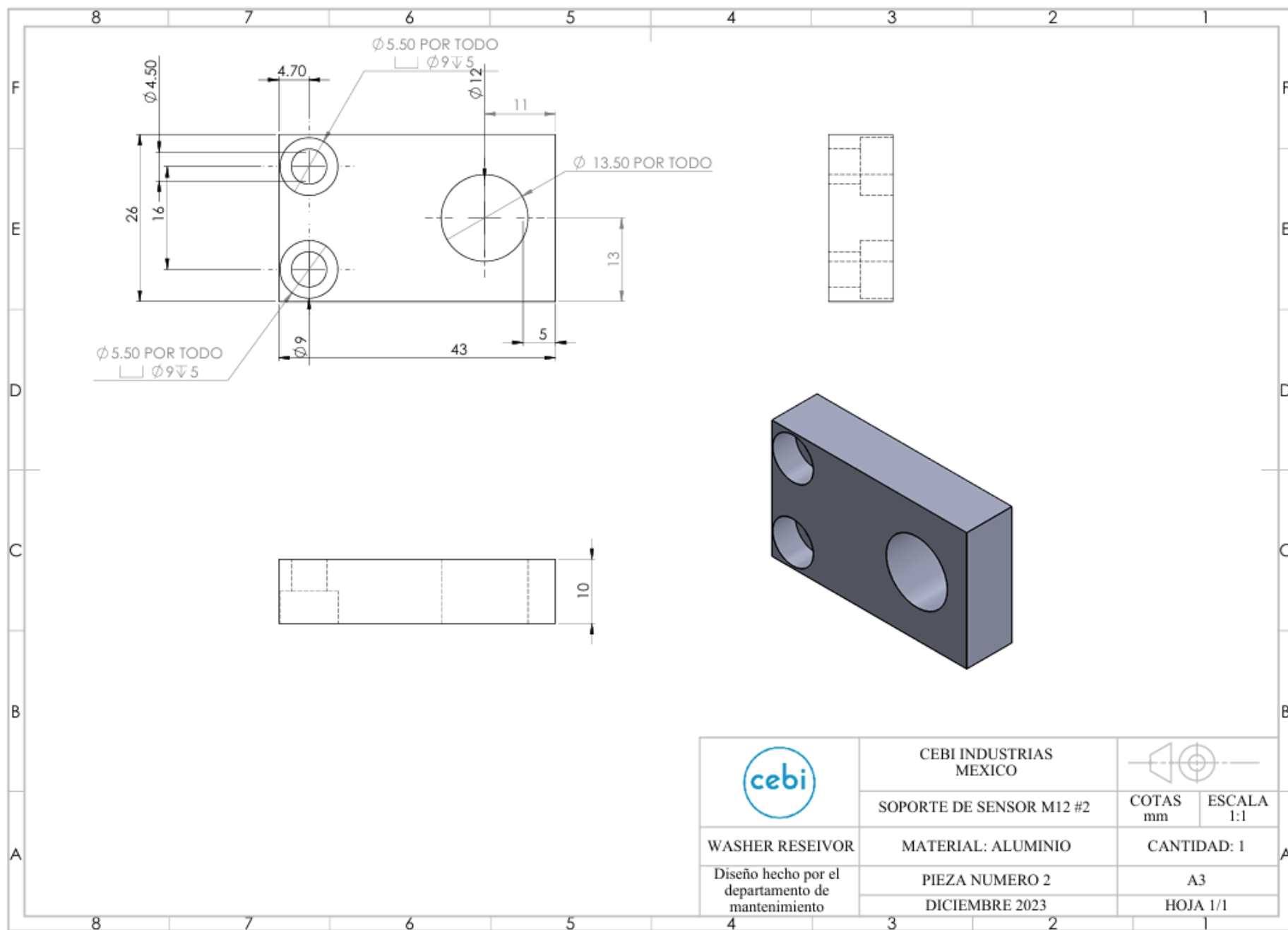
- Alsaleh, N., & Taleb, H. (2020). Automotive quality management: An integrated approach. Springer.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2018). Standard test methods for detecting leaks in tanks. ASTM International.
- Bhattacharya, A. (2017). Quality management in automotive industry. CRC Press.
- Billatos, S. B., & Tsang, S. (2018). Concurrent engineering in the automotive industry. Springer.
- Bos, E. (2019). Design optimization of sealing systems. Springer.
- Boyes, W. (2019). Automated systems for quality control. Industrial Press.
- Chernetsov, V., & Zhang, Y. (2021). Innovations in pneumatic systems and their applications. Wiley.
- Degarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2017). Materials and processes in manufacturing (12th ed.). Wiley.
- Demir, F. (2018). Computer-aided design and manufacturing. Wiley.
- Dudin, M., & Zaitsev, N. (2022). Risk management in the automotive industry. Palgrave Macmillan.
- Ellis, D. (2020). Automotive engineering: Principles and practices. SAE International.
- Fielder, J., & Otto, K. (2020). Designing for automotive performance and safety. Wiley.
- Geng, H. (2017). Manufacturing engineering handbook. McGraw-Hill Education.
- Gullo, L., & Nardi, R. (2018). Pneumatic systems for industrial automation. Springer.
- Hammer, D. A., & Zahavi, T. (2021). Product integrity and reliability in the automotive industry. CRC Press.
- Heinbuch, K. (2019). Manufacturing quality in the automotive industry. Springer.
- Hibbeler, R. C. (2020). Mechanics of materials (10th ed.). Pearson.
- Horenstein, M. N. (2019). Quality assurance and reliability in automotive manufacturing. Wiley.

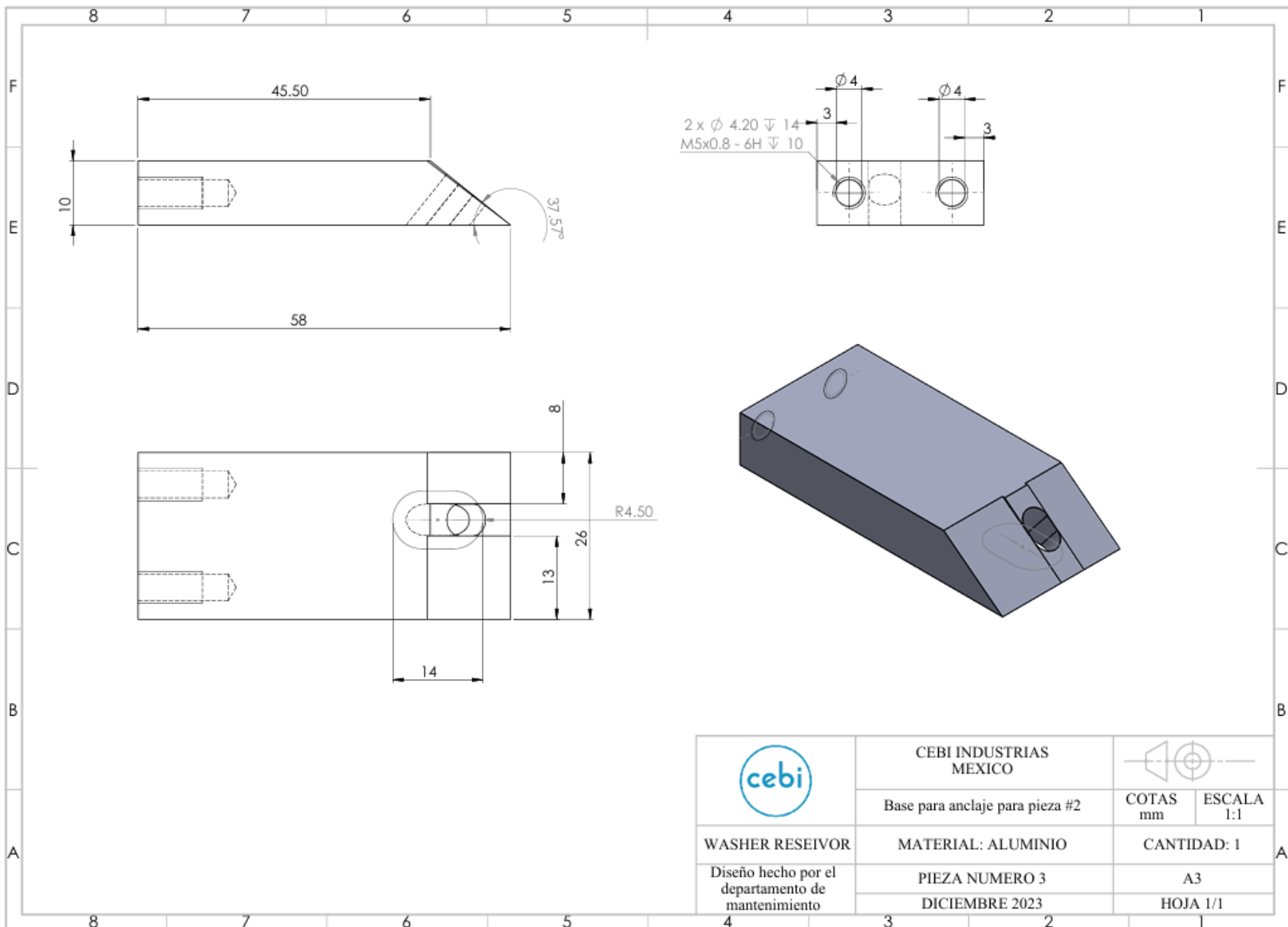
- ISO 9001:2015. (2015). Quality management systems – Requirements. International Organization for Standardization.
- Johnson, R. L. (2017). The role of automation in automotive manufacturing. SAE International.
- Keown, W. T. (2018). Automotive design engineering and CAD systems. McGraw-Hill Education.
- Mahapatra, S. S. (2018). Lean manufacturing and productivity improvement in the automotive industry. CRC Press.
- McMahon, C. A., & Browne, J. (2017). Computer-aided design and manufacturing systems. Prentice Hall.
- Mokashi, D., & Kapur, A. (2021). Advanced automotive manufacturing technology. Springer.
- Nayak, R. (2020). Failure modes and effects analysis in the automotive industry. Wiley.
- Oberg, E., Jones, F. D., & Horton, H. L. (2019). Machinery's handbook (31st ed.). Industrial Press.
- Pahl, G., Beitz, W., & Wallace, K. (2019). Engineering design: A systematic approach (4th ed.). Springer.
- Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2018). Mechanical engineering design (10th ed.). McGraw-Hill.
- Sinha, D., & Kumar, R. (2020). Advances in sealing and containment technologies. Springer.
- Tseng, M. M., & Jiao, R. (2019). Mass customization in automotive manufacturing. Springer.

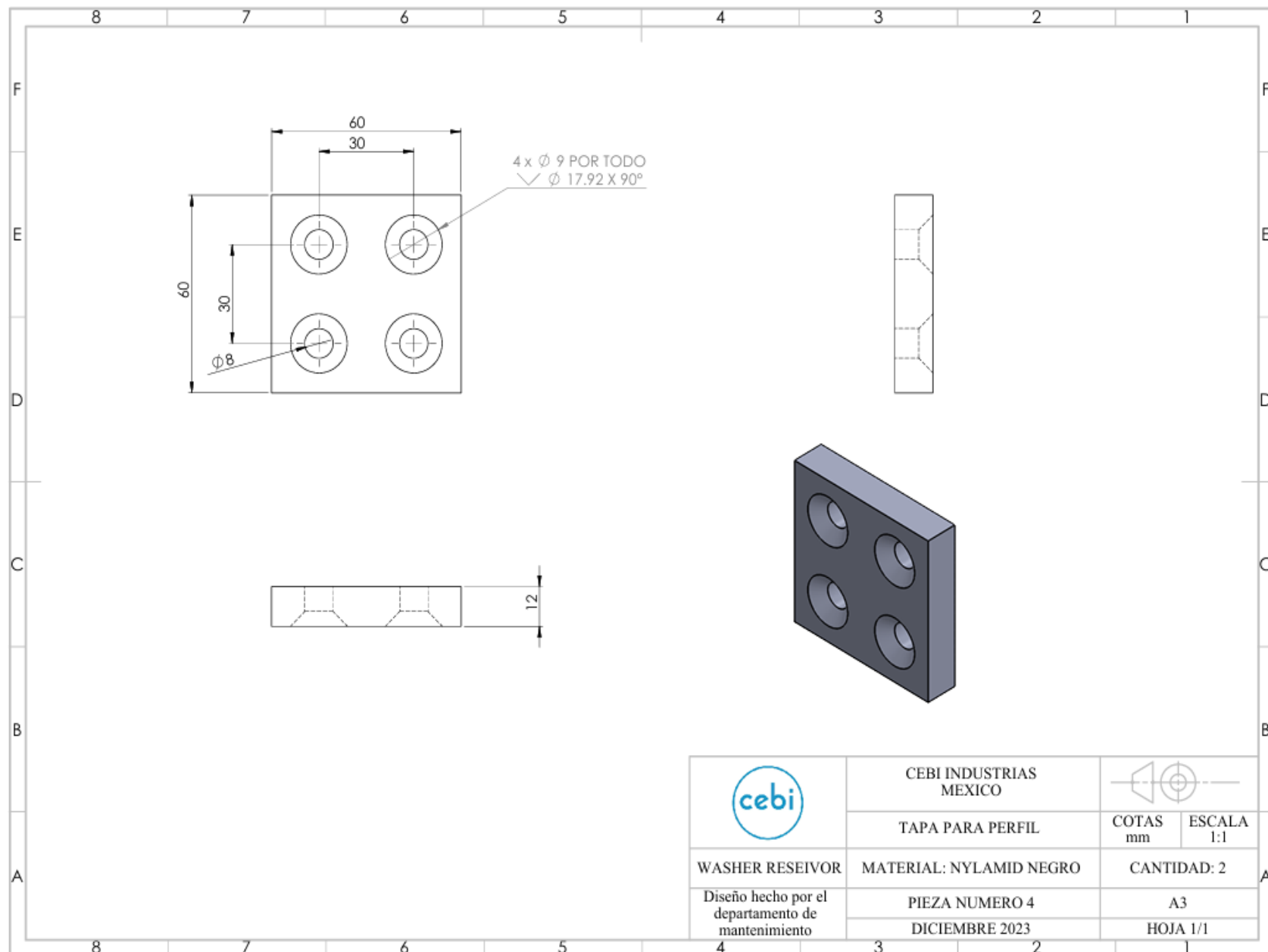
10. ANEXOS

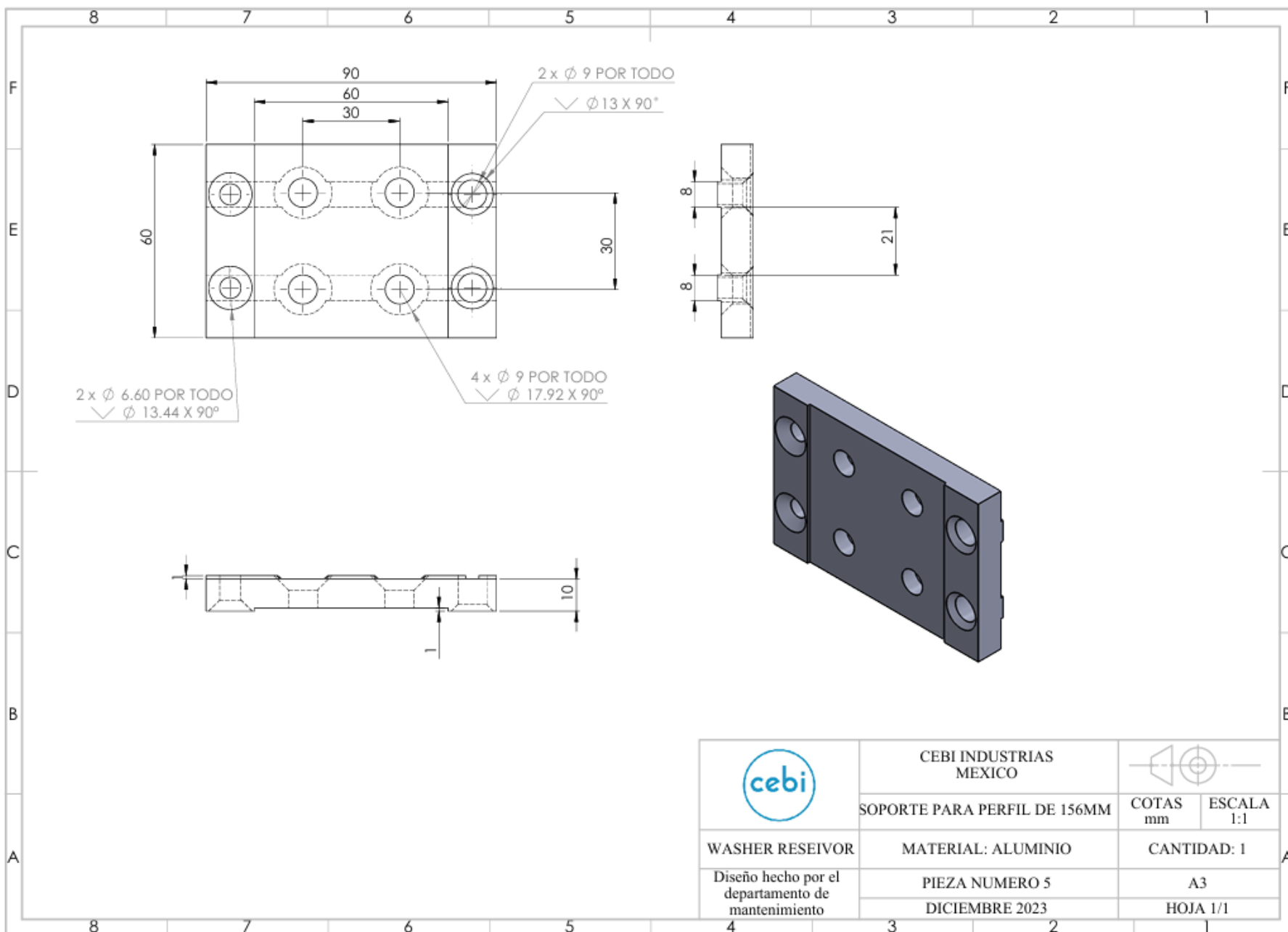
En la siguiente página se encuentra el anexo 1, el cual está formado por los diseños en 2D que se tomaron como base para el diseño de las piezas en 3D.











	CEBI INDUSTRIAS MEXICO			
	SOPORTE PARA PERFIL DE 156MM		COTAS mm	ESCALA 1:1
WASHER RESEIVOR	MATERIAL: ALUMINIO		CANTIDAD: 1	
Diseño hecho por el departamento de mantenimiento	PIEZA NUMERO 5		A3	
	DICIEMBRE 2023		HOJA 1/1	

