

Diseño y construcción de prototipo de sistema de sensores de proximidad portable para  
casco de motocicleta

David Alberto Gallego Londoño y Wilson Javier Pinzón Domínguez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero mecánico

Director

Yennifer Yuliana Ríos Díaz

Doctorado en Ingeniería PhD

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico – Mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2026

### **Agradecimientos**

Gracias por todo, gracias a todos.

**Tabla de contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Planteamiento del problema.....	11
2. Objetivos .....	13
2.1 Objetivo General .....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. Alcances y limitaciones .....	15
4. Metodología .....	17
4.1 Diseño conceptual del prototipo de un sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta. ....	17
4.1.1 Definición de parámetros y/o especificaciones.....	17
4.1.2 Selección de materiales de construcción.....	22
4.1.3 Definición y análisis del mecanismo del sistema de extensión de rango .....	23
4.1.4 Modelado del mecanismo de extensión. ....	24
4.2 Cálculo de fuerza aerodinámica y diámetro de eje. ....	25
4.2.1 Cálculo fuerza del viento .....	25
4.2.2 Cálculo del diámetro del eje. ....	29
4.3 Construcción del prototipo.....	31
4.3.1 Selección de componentes mecatrónicos.....	31
4.3.2 Construcción de subsistemas del prototipo.....	42
4.3.3 Diseño del sistema de carga.....	45
4.3.4 Impresión y armado del prototipo.....	46
4.3.5 Armado del sistema mecatrónico.....	48
4.3.6 Integración de componentes electrónicos y mecánicos .....	48
4.4 Programar el código del prototipo del sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta.....	49
4.4.1 Programación del código del sistema de detección. ....	49
4.4.2 Programación del código del sistema de extensión. ....	50
4.5 Evaluar el desempeño del prototipo.....	52

4.5.1 Prueba sistema de extensión por obstrucción de pasajero .....	52
4.5.2 Pruebas sistema de detección (sin extensión) .....	53
4.5.3 Pruebas sistema de detección (con extensión) .....	53
4.5.4 Prueba de autonomía base.....	54
5. Resultados.....	55
6. Conclusiones.....	57
6.1 Recomendaciones .....	57
Referencias.....	59
Apéndices.....	61

**Lista de Tabla**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Matriz QFD.....	18
<b>Tabla 2.</b> <i>Matriz de PUGH</i> .....	21
<b>Tabla 3.</b> Comparativo microcontrolador.....	33
<b>Tabla 4.</b> Consumo energético del sistema.....	39
<b>Tabla 5.</b> Resultados de prueba de sistema de extensión .....	52
<b>Tabla 6.</b> Resultados prueba sistema de detección sin extensión.....	53
<b>Tabla 7.</b> Resultados prueba sistema de detección con extensión.....	54

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Alternativa A .....	20
<b>Figura 2.</b> Alternativa B .....	21
<b>Figura 3.</b> Alternativa C .....	22
<b>Figura 4.</b> Rollos de filamento PLA para impresión 3D .....	23
<b>Figura 5.</b> Sistema de barras.....	24
<b>Figura 6.</b> Boceto sistema de extensión de rango.....	25
<b>Figura 7.</b> Eje del sistema de extensión de rango.....	26
<b>Figura 8.</b> Simulación de velocidad ejercida por el viento, vista lateral .....	27
<b>Figura 9.</b> Simulación de velocidad ejercida por el viento, vista superior.....	27
<b>Figura 10.</b> Cálculo del área lateral del casco. ....	28
<b>Figura 11.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje.....	30
<b>Figura 12.</b> Arduino Uno.....	33
<b>Figura 13.</b> Arduino nano.....	34
<b>Figura 14.</b> Servomotor SG90.....	35
<b>Figura 15.</b> Motor vibrador 5V.....	36
<b>Figura 16.</b> Modulo Aj-sr04m.....	37
<b>Figura 17.</b> Sensor ultrasónico HCSR04.....	38
<b>Figura 18.</b> Transistor 2N3904.....	39
<b>Figura 19.</b> Batería IMR18650 2200 mAh.....	41
<b>Figura 20.</b> Porta baterías.....	41
<b>Figura 21.</b> Módulo de carga TP 4056 .....	42

<b>Figura 22.</b> Elevador MT 3608.....	43
<b>Figura 23.</b> Ensamble del sistema de extensión .....	44
<b>Figura 24.</b> Ensamble electromecánico en SolidWorks .....	45
<b>Figura 25.</b> Ensamble con cubierta exterior. ....	45
<b>Figura 26.</b> Sistema de sujeción. ....	46
<b>Figura 27.</b> Sistema de carga Thinkercard .....	47
<b>Figura 28.</b> Componentes del prototipo .....	48
<b>Figura 29.</b> Armado del sistema de extensión.....	48
<b>Figura 30.</b> Configuración circuito eléctrico Thinkercard .....	49
<b>Figura 31.</b> Prototipo estructural completo. ....	50
<b>Figura 32</b> Seudocódigo del sistema de detección. ....	51
<b>Figura 33.</b> Seudocódigo del sistema de extensión .....	52

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
<b>Apéndice A.</b> Código de programación.....	61
<b>Apéndice B.</b> Planos detallados de piezas del prototipo.....	70

## Resumen

**Título:** Diseño y construcción de un prototipo de sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta.

**Autor(es):** David Alberto Gallego Londoño, Wilson Javier Pinzón Domínguez

**Palabras Clave:** Motocicleta, seguridad, sensor proximidad, casco, prevención.

**Descripción:** El auge de las motocicletas a nivel global es algo que se evidencia a simple vista, con esta tendencia de crecimiento aumenta a su vez el porcentaje de siniestralidad en la vía, en gran parte para los actores viales motorizados. Gran porcentaje de estos accidentes se originan por no ver a los lados antes tomar un cruce por eso se desarrolló un prototipo de sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta que cuenta con un sistema de extensión de rango por obstrucción de pasajero. Obteniendo como resultado un prototipo de sensores de proximidad que brinda un rango de detección de 90° con el sistema de extensión desactivado y de 100° con el sistema activado; además, presenta un porcentaje de error del 10% y del 5%, respectivamente, según se encuentre desactivado o activado el sistema de extensión. Asimismo, el dispositivo ofrece una autonomía superior a las 2 horas de funcionamiento continuo. En conjunto, estos resultados demuestran que el prototipo cumple con los objetivos planteados, constituyendo una base útil y prometedora para el desarrollo de dispositivos de asistencia a la conducción.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Ingeniería Mecánica. Directora: Yennifer Yulianna Ríos Díaz. Doctorado en ingeniería PhD

**Abstract**

**Title:** Design and Construction of a Portable Proximity Sensor System Prototype for a Motorcycle Helmet

**Author (s):** David Alberto Gallego Londoño, Wilson Javier Pinzón Domínguez

**Key Words:** Motorcycle, safety, proximity sensor, helmet, prevention.

**Description:** The global rise in motorcycle usage is clearly evident, and this growth trend is accompanied by an increase in road accident rates, particularly among motorized road users. A significant percentage of these accidents occur due to the failure to check surroundings before making a turn. For this reason, a portable proximity sensor system prototype for a motorcycle helmet was developed, incorporating a range extension system activated in the presence of passenger obstruction. The result is a proximity sensor prototype that provides a detection range of 90° with the extension system deactivated and 100° when it is activated. Additionally, it presents an error rate of 10% and 5%, respectively, depending on whether the extension system is deactivated or activated. The device also offers an autonomy of more than 2 hours of continuous operation. Overall, these results demonstrate that the prototype meets the proposed objectives, establishing a useful and promising foundation for the development of driver assistance devices.

---

\* Graduate Work

\*\*School of Physical and Mechanical Engineering.School of Mechanical Engineering. Mechanical Engineering. Director: Yennifer Yulianna Ríos Díaz. PhD in Engineering

## **Introducción**

Contextualizando el siguiente documento, entre los actores viales más vulnerables que hay en Colombia se encuentran los motociclistas quienes representan el 62% de la muerte por siniestros viales, alrededor del 30% de estos accidentes son producidos por no obedecer señales de tránsito y realizar cruces sin observar. Por lo tanto, este proyecto busca diseñar y construir un dispositivo prototipo que sea de ayuda a los motociclistas en la percepción de su entorno. A lo largo del presente documento se desarrolla el diseño conceptual, la construcción, la programación y la evaluación del desempeño del prototipo.

### **1. Planteamiento del problema**

El mercado global de motocicletas ha crecido significativamente en las últimas décadas, alcanzando en 2024 un valor de USD 116,41 mil millones y con una proyección de crecimiento anual del 6,8% hasta 2034. Este aumento se debe a la urbanización, la demanda de motocicletas eléctricas y la necesidad de transporte eficiente (Revista EMR,2024). En Colombia, según el registro Único Nacional de Tránsito, las motocicletas representan el 62% del parque automotor (RUNT,2024), Bucaramanga es una de las ciudades con mayor crecimiento, con un incremento del 275% en la última década (Dirección de Tránsito de Bucaramanga,2021).

A pesar de iniciativas gubernamentales que buscan reducir los índices de accidentalidad como "Moto Destrezas" en la ciudad de Barranquilla. Sin embargo, los altos índices persisten, basado en el informe preliminar del 2024 de la Agencia Nacional de Seguridad Vial el no obedecer las señales de tránsito y cruzar sin observar representan más del 30% de los accidentes de tránsito (ANSV,2024). En 2024, los motociclistas representan el 62% de las muertes por accidentes de

tránsito en Colombia, con 135.452 lesionados y 32.259 víctimas fatales. Teniendo en cuenta el informe de gestión de control vial presentado por el distrito de tránsito y transporte de Bucaramanga, el 80% de los accidentes viales involucran motocicletas, evidenciando la vulnerabilidad de estos conductores en la capital santandereana (Dirección de Tránsito de Bucaramanga,2024).

Ante esta problemática, han surgido soluciones tecnológicas como los cascos inteligentes, que incorporan sensores de proximidad, cámaras de seguridad y conectividad Bluetooth para mejorar la seguridad del motociclista. Un ejemplo es el casco iC-R, presentado en el Consumer Technology Association 2025 en Estados Unidos, que ofrece funciones avanzadas como filtrado de aire y asistencia en la conducción. Sin embargo, su alto costo, que en fase beta supera los 1.500 dólares, limita su acceso para la mayoría de los usuarios (CAT,2025).

Por ello, este proyecto busca desarrollar un prototipo de sistema de sensores de proximidad portátiles para cascos de motocicleta, con el objetivo de ofrecer una alternativa asequible que contribuya a reducir los accidentes en Bucaramanga. La implementación de este dispositivo proporcionará a los motociclistas una herramienta innovadora que aumentará su percepción del entorno y minimizará los riesgos en la vía.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo de sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta que brinde una herramienta que mejore la percepción del entorno al conductor y de este modo reduzcan los riesgos asociados a los puntos ciegos.

### 2.2 Objetivos Específicos

Definir las especificaciones para el diseño y fabricación de un sistema de sensores de proximidad portátil para casco de motocicleta con los siguientes criterios:

**Tipo de sensor:** Se utilizará un sensor que alcance una distancia mínima de detección de tres metros, con un ángulo de detección de la parte trasera de al menos 90°.

**Tipo de alerta:** La alerta se dará usando un sistema de vibración.

**Autonomía:** Se buscará garantizar una autonomía de al menos dos horas, que garantice el funcionamiento durante aproximadamente 60 km yendo a una velocidad promedio de 30 km/h. Esta velocidad se apega a la normativa para las zonas urbanas, donde se presenta comúnmente el mayor flujo vehicular.

**Dimensiones del sistema:** Se buscará que el sistema tenga el menor peso y tamaño posible, buscando garantizar la comodidad y seguridad del usuario durante su uso.

**Variación del sistema (Obstrucción por pasajero):** Se implementará un mecanismo de barra que permitirá ampliar el rango y el ángulo de detección de los sensores cuando se lleve un pasajero en el vehículo, asegurando así que se cumpla su función aun con pasajero.

Elaborar un modelo digital del casco con herramientas computacionales que permita realizar simulaciones aerodinámicas y sirva como base para la construcción del prototipo físico del sistema de sensores de proximidad para casco de motocicleta.

Programar y evaluar un prototipo funcional del sistema, asegurando su buen desempeño en detección, autonomía y mecanismos de extensión por obstrucción de pasajero, garantizando un correcto funcionamiento.

El presente documento está dividido en diferentes capítulos: Los capítulos 1 y 2, corresponden a todo lo relacionado con la introducción y objetivos tanto generales como específicos del proyecto. El capítulo 3, presenta los alcances y limitaciones del proyecto. El capítulo 4, explica en forma detallada la metodología realizada y aborda la evaluación de desempeño del prototipo con el propósito de cumplir a cabalidad con los objetivos planteados. El capítulo 5, presenta los resultados. El capítulo 6, presenta las conclusiones y un apartado de recomendaciones para un posterior desarrollo del prototipo. Por último, se encuentran la bibliografía y los anexos respectivamente.

### **3. Alcances y limitaciones**

El proyecto por delante diversas limitaciones que se deben considerar para su correcta finalización. Entre estas las principales serían el ambiente problemático en el que se usará, ya que este será al aire libre en donde se enfrentará a diversas situaciones climáticas y ambientales como lo pueden ser la lluvia, la incidencia del sol y la contaminación generada por los vehículos con los que se comparte la vía, es por esto que se considerara un ambiente propicio para su correcto funcionamiento en el cual el prototipo se pueda desempeñar de una manera correcta sin la presencia de estos factores que puedan generar un mal funcionamiento, debido a que la selección y adquisición del equipo con los materiales necesarios para su trabajar con estas condiciones adversas suelen implicar costos significativos, por ende se propone la creación del prototipo usando tecnología actual de impresión 3D con propósito de disminuir el costo de la manufactura del proyecto.

Además, para poder asegurar que no se presentaran problemas en el ensamble del prototipo al caso, el proyecto se limitará exclusivamente a un tipo de casco en donde se buscará que el acople del prototipo no perjudique de ninguna manera la integridad del casco, esto con el objetivo de poder cumplir con la norma NTC 4533 (ICONTEC,2017), la cual se seguirá para verificar que el prototipo cumpla con todas las leyes establecidas.

Por último, la norma NTC 4533 exige que para protuberancias o irregularidades en la superficie exterior de la coraza mayor a 2 mm, sean sometidas a ensayos para determinar el esfuerzo de corte y evaluación de la fricción, el ensayo de esfuerzo de corte explicado por la norma ofrece dos métodos similares en el cual el casco debe ser sometido a colisiones importantes, pero debido a que como anteriormente se mencionó el prototipo será fabricado con un material poco resistente a estos ensayos por lo cual no se realizaran, en cuanto al ensayo de fricción se realizará

mediante software. Cabe resaltar que en la norma se especifica que estos ensayos son necesarios y obligatorios siempre y cuando uno de los objetivos sea comercializar el dispositivo, algo que en el proyecto no se busca (ICONTEC,2017).

## 4. Metodología

### 4.1 Diseño conceptual del prototipo de un sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta.

#### 4.1.1 Definición de parámetros y/o especificaciones.






















Con el objetivo de definir los parámetros de fabricación del prototipo de sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta se tienen en cuenta las limitaciones expuestas en el apartado 2. Por lo cual los parámetros que se plantean para su fabricación son los siguientes:

- Autonomía del sistema de 2 horas
- Dimensiones y tamaño compacto
- Rango de detección de al menos 90 grados
- Precisión y exactitud en la detección
- Practicidad del sistema de anclaje (Prototipo – casco)

**4.1.1.1 Matriz QFD.** En la matriz QFD se relacionan los parámetros requeridos mencionados en el apartado 3.1.1. Teniendo estos parámetros en cuenta se le asigna un valor de relevancia relativo con valores que van desde 1 a 5 asignados a cada uno de las características que se busca en el prototipo. Un valor de 1 indica que la característica es menos importante, mientras que un valor de 5 indica que es más importante. Además, se asignó que tipo de relación tiene cada característica con cada parámetro por medio de 3 figuras, un círculo naranja representando una relación débil, un cuadrado amarillo representando una relación media y un círculo verde representando una relación fuerte, con esto en cuenta se desarrolló la matriz mostrada en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Matriz QFD*

<table border="1" style="width: 100px; height: 100px; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 30px;"></td> <td>Relacion débil</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Relacion media</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Relacion fuerte</td> </tr> </table> <b>Parametros requeridos</b>		Relacion débil		Relacion media		Relacion fuerte		<b>Características de diseño</b>			
		Relacion débil									
	Relacion media										
	Relacion fuerte										
	IMPORTANCIA RELATIVA	Autonomía	Sistema de anclaje	Sistema de detección	Disposición de elementos mecanicos						
Tiempo de uso de 2 horas	4										
Dimensiones y tamaño compacto	4										
Rango de detección 90 grados	4										
Precisión y exactitud en la detección	5										
Practicidad del sistema de anclaje	3										

Al analizar la matriz QFD podemos observar que las dimensiones del prototipo y el tiempo de uso son los requerimientos más importantes, lo que los convierte en el eje principal de diseño del prototipo, aunado a ellos nos brindan información de cuales características de diseño deben ser las más eficientes como lo son autonomía, sistema de detección y disposición de elementos mecánicos.

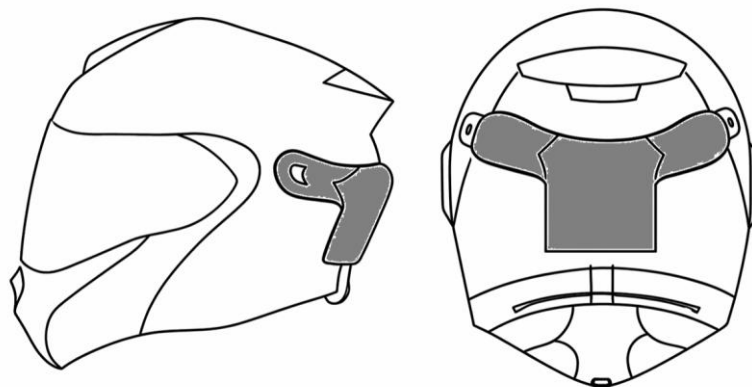
**4.1.1.2 Planteamiento de alternativas de diseño.** La elaboración de alternativas para el sistema de sensores de proximidad para casco de motocicleta se llevó a cabo la evaluación a través del criterio morfológico. Para ello se tomaron en cuenta las diferentes variaciones en fabricación con las que puede contar el sistema como lo son posición y forma del sistema, tipo de mecanismo para el sensor cuando se lleva pasajero, tamaño y peso, sabiendo esto se decidió por presentar tres alternativas que serían las más significativas.

- **Alternativa A**

En esta primera alternativa el sistema se encuentra acoplado en la parte posterior del casco dando seguridad de anclaje al dispositivo. Los sensores se encuentra en los laterales garantizando de esta forma una mejor captación de las señales a través de estos; el sistema de extensión se abrirá hacia los extremos laterales buscando una mayor amplitud en el rango de detección. Se empleará un mecanismo de extensión basado en barras y líneas guías de trayecto.

***Figura 1.***

*Alternativa A*

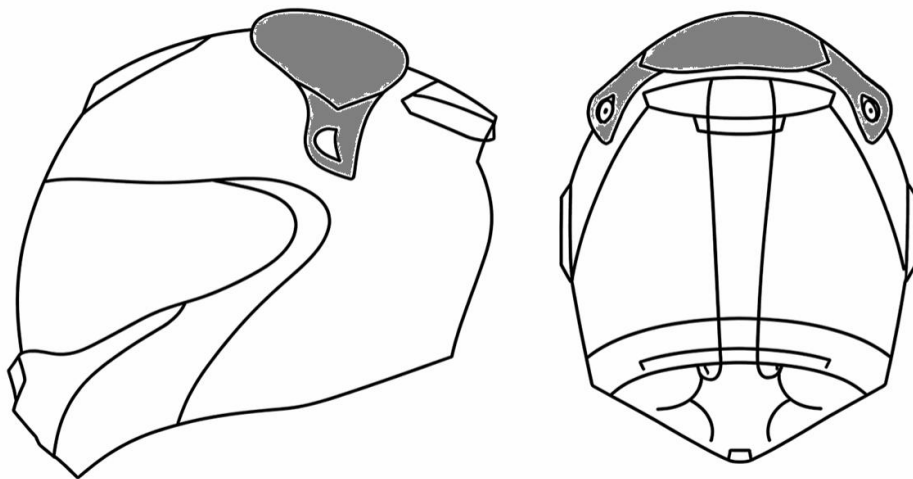


- **Alternativa B**

En esta alternativa, la posición del sistema principal se traslada a la parte superior del casco, lo que permite aprovechar un mayor espacio y, en consecuencia, diseñar un sistema más delgado. Los sensores en los extremos laterales descenderán hacia la parte más externa del casco para optimizar su funcionamiento. Esta ubicación facilita el diseño del bastidor del sistema, ya que los sensores estarán más cerca de su punto de expulsión. Al igual que en la alternativa A, se empleará un mecanismo de expulsión mecánico mediante barras y una forma externa tipo aleta.

**Figura 2.**

*Alternativa B*



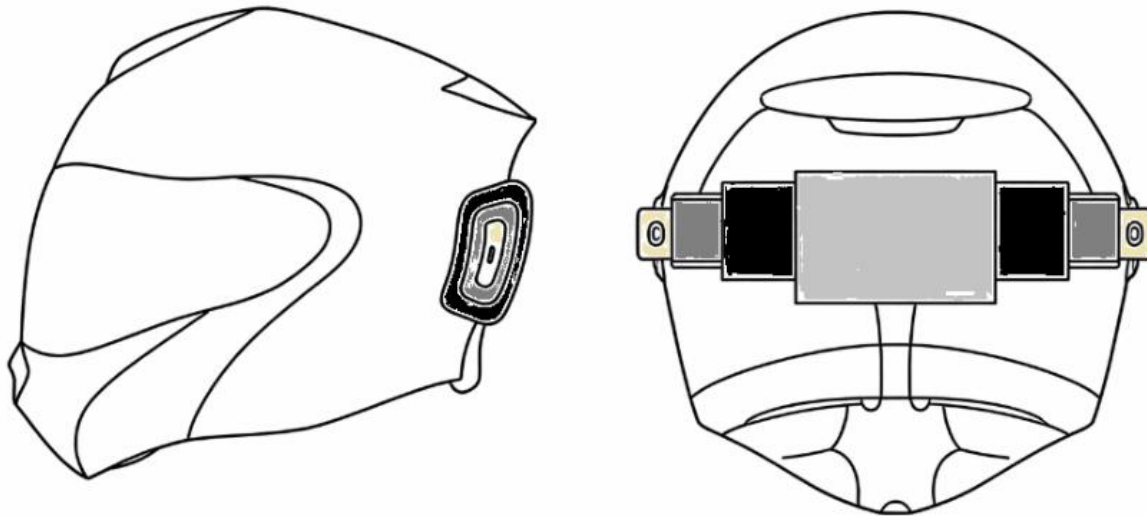
- **Alternativa C**

*Esta alternativa introduce un cambio significativo. Aunque el sistema principal se mantiene en la parte trasera del casco, se opta por un mecanismo diferente para la expulsión de los sensores hacia los laterales, utilizando un sistema telescópico para proporcionar un mayor alcance. Sin*

embargo, la principal desventaja de este diseño es que afectará la estética y la comodidad del casco, ya que reducirá su atractivo visual y disminuirá su aerodinámica.

**Figura 3.**

Alternativa C



**4.1.1.2.1 Selección de alternativas.** Para la selección de la alternativa se llevó a cabo la implementación de una matriz Pugh, utilizando los criterios más altos establecidos en el QFD y las tres diferentes alternativas existentes.

**Tabla 2.**

Matriz de PUGH

CRITERIOS			ALTERNATIVAS					
Nº	CRITERIO	%	A		B		C	
1	AUTONOMÍA	0,28	4	1,12	4	1,12	4	1,12
2	SISTEMA DE DETECCIÓN	0,45	4	1,8	3	1,35	2	0,9
3	DISPOSICION DE ELEMENTOS MECANICOS	0,27	4	1,08	4	1,08	3	0,81
TOTAL			12	4	11	3,55	9	2,83

Una vez realizada la evaluación de alternativas con el uso de la matriz Pugh se observa que la alternativa que obtuvo un mayor valor fue la alternativa A, denotando de esta forma que es la alternativa más adecuada para el sistema de sensores portable para casco de motocicleta.

### ***4.1.2 Selección de materiales de construcción***

Debido a que el dispositivo se manufactura en su fase de prototipo y no se busca que cumpla con las pruebas requeridas para su comercialización tal y como se menciona en los requerimientos se optó por materiales de construcción más prácticos como el filamento PLA o PETG, los cuales se emplean en el campo de la impresión 3D.

### **Figura 4.**

*Rollos de filamento PLA para impresión 3D*



*Nota. Tomado de: [https://www.steren.com.co/filamento-pla-para-impresora-3d-amarillo.html?srsltid=AfmBOorDQ1G03e\\_twfEvlyML-WUEoaMcFK-wl4Pu3DL6dsUQzgr\\_MmAm](https://www.steren.com.co/filamento-pla-para-impresora-3d-amarillo.html?srsltid=AfmBOorDQ1G03e_twfEvlyML-WUEoaMcFK-wl4Pu3DL6dsUQzgr_MmAm)*

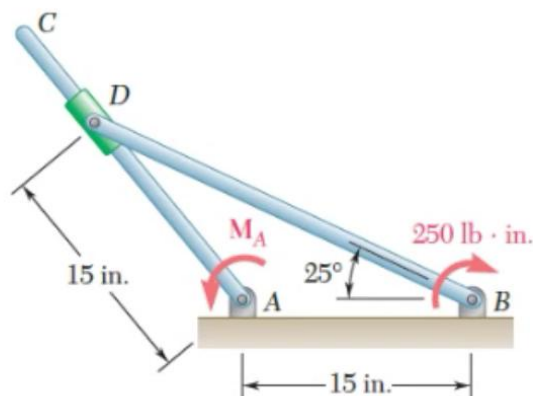
Se planteo utilizar el filamento PLA en las piezas de la cubierta exterior del mecanismo y en el soporte de sujeción, así como en los soportes interiores para los elementos internos. Este material se escogió teniendo en cuenta su practicidad de manejo, su peso y en gran parte su economía para la construcción del prototipo.

#### 4.1.3 Definición y análisis del mecanismo del sistema de extensión de rango

Para definir el mecanismo encargado de extender los sensores hacia los extremos laterales buscando ampliar su rango de detección se inspeccionaron diferentes alternativas de forma teórica, siendo la prioridad que el mecanismo ocupara el menor volumen posible debido a que uno de los factores diseño más relevantes evidenciados en la *Tabla 1. Matriz QFD* fue la disposición de elementos mecánicos, es decir, se buscó la alternativa que nos brindara la máxima compactibilidad. Entre las alternativas se encontraban ideas como sistemas piñón – cremallera, sistema de engranajes internos con engranaje loco; sin embargo, la opción más acertada fue la de un sistema de barras, tal y como se muestra en la figura 5.

#### Figura 5.

*Sistema de barras.*



*Nota.* Tomado de Mecánica vectorial para ingenieros: *Estática*, por F. P. Beer y E. R.

*Johnston, 2010, McGraw-Hill.*

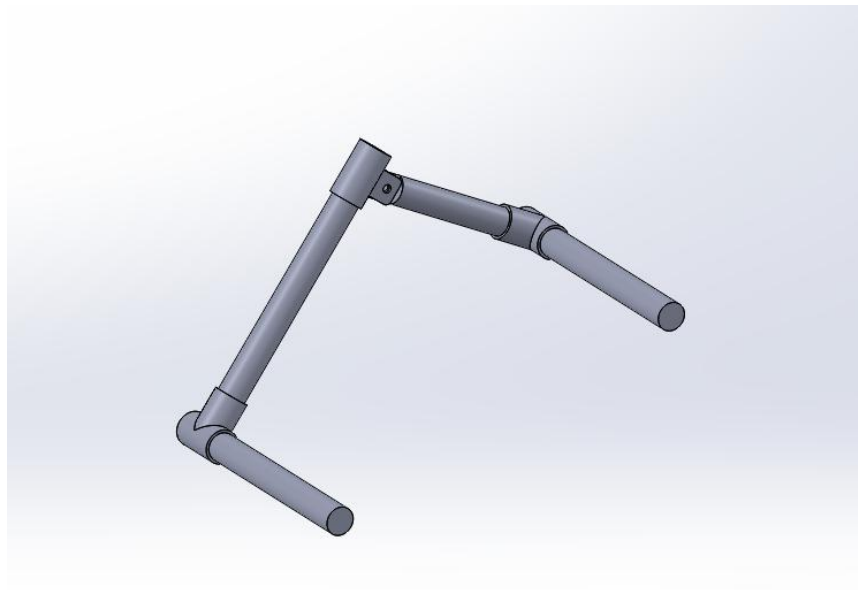
Se escogió este mecanismo para el sistema de extensión debido a su simplicidad de operación y su tamaño compacto, que lo hizo ideal para el espacio disponible con que se contaba en la cubierta del prototipo.

### ***4.1.4 Modelado del mecanismo de extensión***

Una vez se escogió la alternativa más adecuada se hicieron bocetos de esta con la ayuda del programa tipo CAD *SolidWorks* como se muestra en la figura 6.

#### **Figura 6.**

*Boceto sistema de extensión de rango*

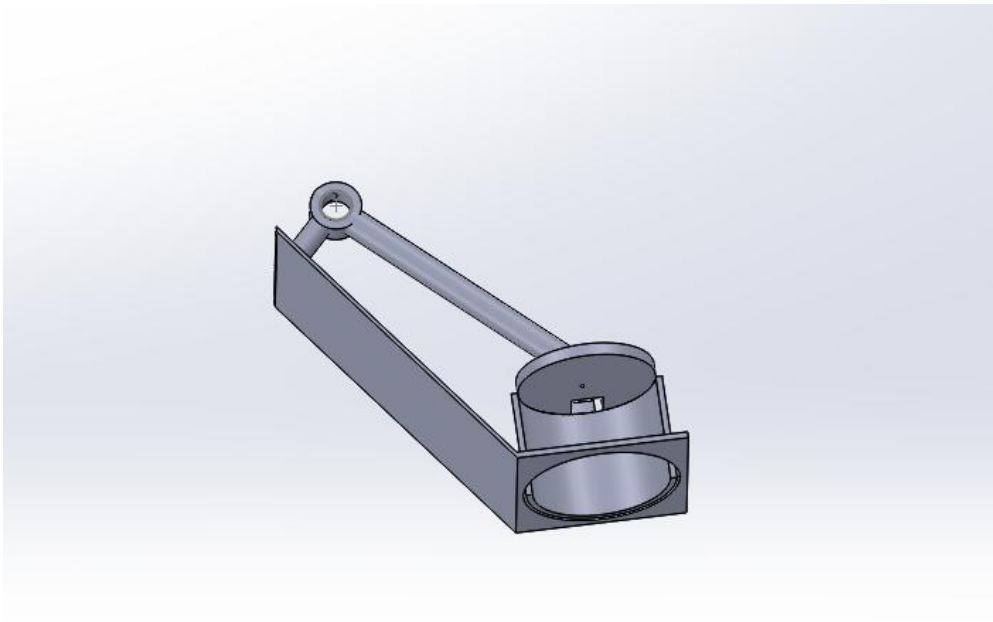


Este boceto inicial planteado cuenta con dos barras unidas entre ellas por una camisa a modo de pistón, en una de los extremos está destinado a ser el eje del motor principal del sistema mientras que el otro se encuentra fijo en una posición determinada sirviendo como guía para la trayectoria que se espera del sistema de extensión. Sin embargo, el boceto mostrado en la figura 6

fue sometido a cambios significativos en su concepto estructural base, debido a que una de los criterios de diseño es la compactibilidad del prototipo, se optó por la eliminación del eje guía y en su lugar reforzar el único eje restante, aunando a su diseño la cavidad de reposo del sensor y parte de la carcasa exterior, tal y como se muestra en la figura 7.

### **Figura 7.**

*Eje del sistema de extensión de rango*



## **4.2 Cálculo de fuerza aerodinámica y diámetro de eje.**

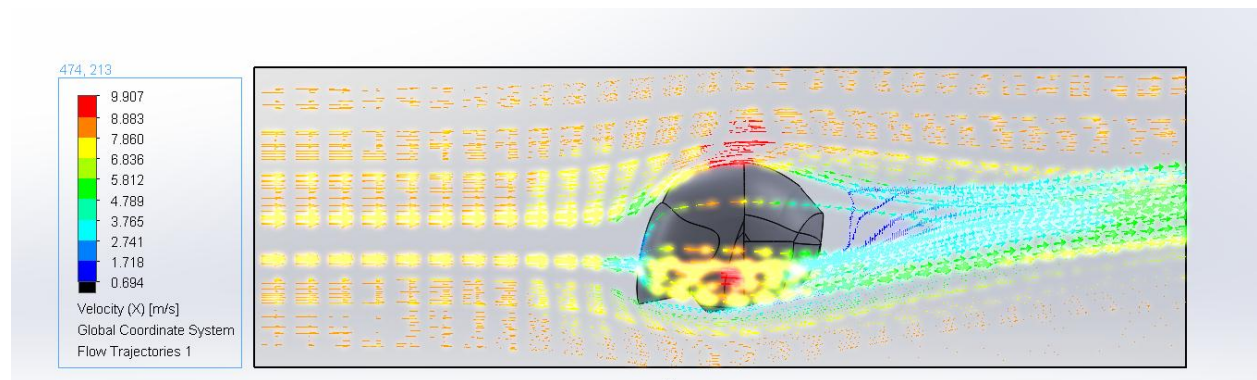
### ***4.2.1 Cálculo fuerza del viento***

Para poder calcular la velocidad del viento ejercida en la parte lateral trasera del casco que es donde se posicionaran los sensores de proximidad se hizo un análisis de fuerza de fluidos, en

este caso el viento sobre el casco a una velocidad promedio de 30 Km/h, esta velocidad fue establecida debido a que se planteó como objetivo una autonomía de 2 horas en un transcurso aproximado de 60 km. Esta simulación se realizó en el programa *SolidWorks* como se muestra en la figura 8 y figura 9.

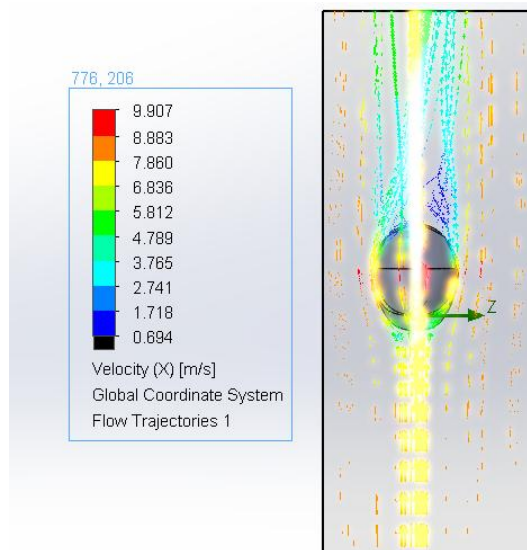
**Figura 8.**

*Simulación de velocidad ejercida por el viento, vista lateral*



**Figura 9.**

*Simulación de velocidad ejercida por el viento, Vista superior.*

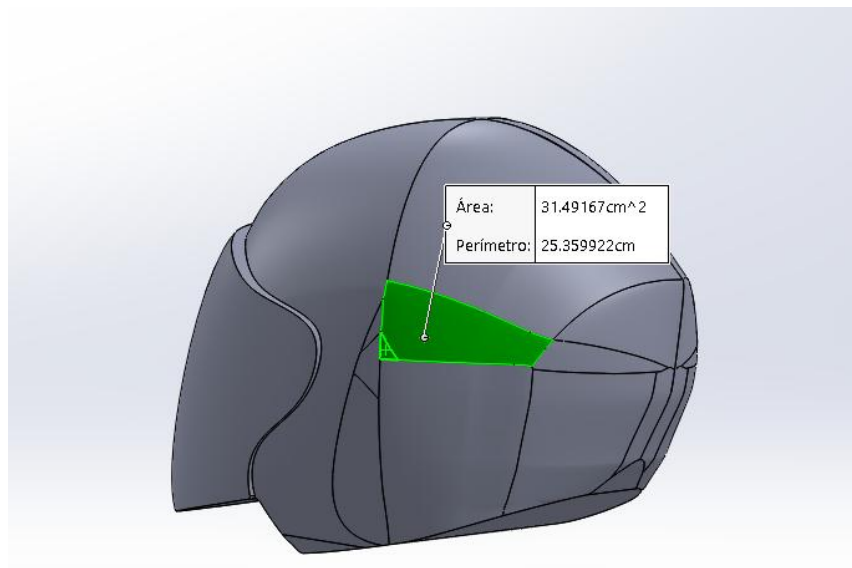


Una vez se realizó la simulación con la ayuda del programa SolidWorks se obtuvo como resultado una velocidad mínima del viento de 0.694 [m/s], esta velocidad esta denotada por el color azul y su ubicación principal se encuentra en las zonas traseras del casco, mientras que la velocidad máxima tuvo un valor de 9.907 [m/s], esta velocidad identificada de forma gráfica con el color rojo y ubicada en las zona delantera y laterales del casco que es el primer contacto al viento.

Obteniendo la velocidad del viento se halló el área lateral del casco que es el lugar de incidencia más importante puesto que allí es donde estará ubicado el sistema de extensión, nuevamente con ayuda de SolidWorks como se muestra en la figura 10.

**Figura 10.**

*Cálculo del área lateral del casco.*



Como resultado se obtuvo un área de 31.5 [cm<sup>2</sup>]. Con los valores obtenidos de velocidad del viento se encontró la presión dinámica ejercida por el viento con la ayuda de la ecuación (1).

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (1)$$

Siendo:

P la presión dinámica ejercida por el viento

$\rho$  la densidad del aire, tomando para este estudio un valor de 1.2 [ $\frac{Kg}{m^3}$ ]

v la velocidad del viento, en este estudio se tomó la velocidad mayor calculada con la simulación con el propósito de hallar valores máximos.

Reemplazando estos valores se obtuvo un valor para la presión dinámica del viento de:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2 = \frac{1}{2} * 1.2 * 9.901^2 = 58.81 [Pa]$$

Conociendo el valor de la presión dinámica se procede al cálculo de la fuerza ejercida por el viento, para esto usó la siguiente ecuación:

$$F = PC_dA \quad (2)$$

Siendo:

P la fuerza ejercida por el viento

C<sub>d</sub> el coeficiente aerodinámico del casco, tomando para este estudio un valor de 0.5

A el área de incidencia en unidades de m<sup>2</sup>

Reemplazando estos valores se obtuvo un valor para la fuerza del viento de:

$$F = PC_dA = 58.81 * 0.5 * 0.00315 = 0.093 [N]$$

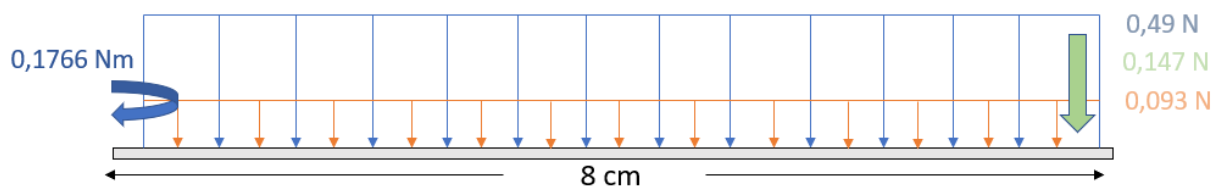
El resultado obtenido denoto una fuerza del viento muy pequeña, aproximadamente 9 gramos fuerza.

### 4.2.2 Cálculo del diámetro del eje

Para el cálculo del diámetro del eje se tomó en cuenta la configuración crítica de la disposición de cargas en el eje como se ve en la figura 11, esto con el propósito de que al momento hallar el valor del diámetro este fuera el necesario para soportar las condiciones máximas de operación.

#### Figura 11.

Diagrama de cuerpo libre del eje



Los valores que se tuvieron en cuenta para este análisis fueron:

- Longitud del eje: 8 [cm]
- Carga distribuida por fuerza aerodinámica: 0.093 [N]
- Carga distribuida por peso de la cubierta (aproximada): 0.49 [N]
- Carga puntual por peso de sensor (aproximada): 0.147 [N]
- Torque del servo motor (aproximado): 0.1766 [Nm]

Conociendo estos valores se hizo la conversión de torque del servo a fuerza ejercida en el eje usando la ecuación (3), esto debido a que el torque no va a actuar en el eje central del eje que soporta las cargas, por ende, este no estará sometido a torsión, sino a flexión.

$$F = \frac{\text{Torque}}{\text{Radio}} \quad (3)$$

Reemplazando en (3) tenemos:

$$F = \frac{0.1776}{0.08} = 2.21 \text{ [N]}$$

Con el valor total de las fuerzas se hizo una sumatoria de estas con el propósito de hallar la fuerza total.

$$\Sigma_f = 2.21 + 0.093 + 0.49 + 0.147 = 2.94 \text{ [N]}$$

Una vez se obtuvo la fuerza total ejercida sobre el eje se asume el casco critico: cargas en el extremo (tipo voladizo) para calcular el momento máximo, denotada por la siguiente ecuación:

$$M_{Max} = F * L \quad (4)$$

Donde F es la fuerza total y L la distancia de radio, para este caso es la longitud total del eje. Reemplazando en (4), obtenemos:

$$M_{Max} = 2.94 * 0.08 = 0.235 \text{ [Nm]}$$

Ahora se usó el criterio de Von mises, mostrado en la ecuación (5) para calcular el diámetro de eje.

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta los esfuerzos de flexión y torsión, mostrados en las ecuaciones (6) y (7) respectivamente, para reemplazarlos en (5).

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (6)$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (7)$$

Reemplazando y despejando el diámetro de eje de (5), obtenemos la siguiente ecuación:

$$d = \left( \frac{16}{\pi \sigma_{adm}} \sqrt{(2M)^2 + 3T^2} \right)^{1/3} \quad (8)$$

Para el esfuerzo admisible del material (PLA impresión 3D) se asumió un valor aproximado de 10 Mpa según el fabricante Esun3d (eSun3D, 2025). Una vez se obtuvieron todos los datos se reemplazaron en la ecuación (8) para encontrar el diámetro del eje.

$$d = \left( \frac{16}{\pi(10 \times 10^6)} \sqrt{(2 * 0.235)^2 + 3(0.1766)^2} \right)^{1/3} = 0.0042 [m] = 4.2 [mm]$$

Es importante resaltar que el dimensionamiento del eje se realizó considerando condiciones de carga crítica. Sin embargo, durante la operación normal del sistema no actúan de forma continua, por lo que el diseño garantiza un margen adecuado de seguridad.

### 4.3 Construcción del prototipo

En esta fase se realizó la selección de los diferentes componentes mecatrónicos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de sensores de proximidad. Además, se llevó a cabo el diseño e impresión 3D de los elementos mecánicos del prototipo.

#### 4.3.1 Selección de componentes mecatrónicos

Para la construcción del prototipo se seleccionaron los siguientes componentes electrónicos, estos fueron seleccionados teniendo criterios como funcionalidad, tamaño, desempeño, disponibilidad y precio de mercado.

**4.3.1.1 Arduino Uno.** Se seleccionó la placa microcontrolador Arduino uno mostrada en la figura 12, esta fue usada durante todo el proceso de la fase de implementación de pruebas en el código programado debido a que cuenta con 14 pines digitales, 6 pines analógicos y 6 pines PWM,

lo que permitió versatilidad a la hora de configurar las diversas conexiones necesarias. (Arduino, n.d.).

**Figura 12.**

*Arduino Uno.*



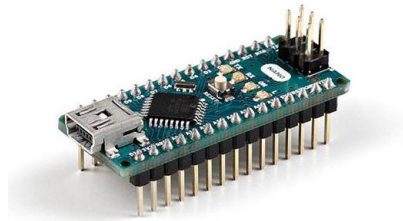
*Nota.* Tomado de: <https://electronilab.co/tienda/arduino-uno-r3/?srsrtid=AfmBOoojLMD-V9hfB9p-VmFBE5pJBMFib9kLiqW7RQwot3ZndPeUknf8>

**4.3.1.2 Microcontrolador prototipo final.** Uno de los principales requerimientos de diseño para el prototipo es su compactibilidad, es por esto que se tuvieron dos diferentes opciones para ser el reemplazo definitivo del Arduino uno usado en las fases de prueba, estos fueron el Arduino nano y el microcontrolador ESP-32.

**Tabla 3.***Comparativo microcontrolador.*

Característica	ESP32	Arduino Nano
Arquitectura	32 bits	8 bits
Frecuencia	Hasta 240 MHz	16 MHz
Núcleos	2 (dual-core)	1
Memoria RAM	520 KB	2 KB
Memoria Flash	4 MB	32 KB
Conectividad	WiFi + Bluetooth	No
GPIO (pines)	30–36	14 digitales + 8 analógicos
ADC	12 bits	10 bits
Voltaje de operación	3.3 V	5 V
Dimensiones	52 x 25 x 28 [mm]	45 x 18 x 7 [mm]
Costo	Medio	Bajo

Teniendo en cuenta las diversas características de cada uno de los microcontroladores, se seleccionó el Arduino nano mostrado en la figura 13.

**Figura 13.***Arduino nano.*

*Nota.* Tomado de: <https://www.dynamoelectronics.com/tienda/arduino-nano-original/?srsltid=AfmBOoonc33le4b-PAOpuzNjYedaNWRKH9Z6PvnGEJiLNHhDmyCIzkMp>

**4.3.1.3 Servomotor SG 90.** El servomotor SG 90 mostrado en la figura 14 fue seleccionado por sus características físicas y mecánicas, como lo son su tamaño compacto con medidas de 22.2 x 11.8 \*x 31 mm y su torque 2.2 Kgf·cm (alldatasheet, n.d.-a) lo que lo hace ideal para el desarrollo del prototipo. Además, también se consideró por su bajo consumo energético.

### Figura 14.

*Servomotor SG90.*



*Nota.* Tomado de: <https://www.vistronica.com/robotica/motores/servomotores/micro-servomotor-sg90-9g-detail.html>

No se seleccionó el servomotor SG 5010 (alldatasheet, n.d.-b) debido a que sus dimensiones físicas son mayores en comparación con el servomotor SG 90, siendo estas de 40.2 x 20.2 x 43.2 mm, además al contar con engranajes metálicos su peso aumenta. Este aumento en el tamaño lo hacía inviable su elección teniendo en cuenta el requerimiento de diseño establecido que prioriza la compactibilidad del prototipo.

**4.3.1.4 Motor vibrador 5V.** Se seleccionó este componente con el propósito de generar un aviso a través de vibraciones de la dirección de detección de los sensores. Este puede generar vibraciones en diferentes momentos según la frecuencia enviada por los sensores a través del microcontrolador. Su selección fue determinada en gran parte por su tamaño de tan solo 8mm de diámetro y espesor de 3 mm, siendo de los más pequeños y económicos el mercado.

**Figura 15.**

*Motor vibrador 5V.*



Nota. Tomado de: UNIT ELECTRONIS.

**4.3.1.5 Modulo Aj-sr04m Sensor de distancia ultrasónico.** Se seleccionó el módulo Aj-sr04m que se muestra en la figura 16. Este es un sensor ultrasónico de uso exterior impermeable integrado con transceptor y receptor. Su funcionamiento es mediante detección ultrasónica sin contacto, esta característica nos brinda una precisión en la detección de objetos en un rango que va desde los 15 cms a los 800 cms y un ángulo de detección de hasta 50 grados. Sus dimensiones físicas son de 41.3 x 28.5 x 23 mm siendo este un módulo sensor bastante compacto teniendo en cuenta su desempeño de detección.

**Figura 16.**

Modulo Aj-sr04m



*Nota.* Tomado de: Sdielect

**4.3.1.6 Sensor ultrasónico HCSR04.** Se seleccionó el sensor ultrasónico HCSR04 (alldatasheet, 16 de noviembre, 2014.) mostrado en la figura 17 por la necesidad de tener un sensor dedicado al sistema de extensión por obstrucción de pasajero. Su rango de detección es de 2cm a 450 cm. El sensor detectara la presencia del pasajero cuando este interfiera en el rango establecido de 50 cm, enviando la frecuencia a los motores del sistema de extensión para que se activen y accionen el mecanismo de barras que cambia la posición de los sensores laterales.

**Figura 17.**

*Sensor ultrasónico HCSR04.*



*Nota.* Tomado de: [https://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/?srsltid=AfmBOors-RtbgxQb1adAsG4ygYhVJY-jARxzLug13ZD8zn\\_GqR3iUCZA](https://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/?srsltid=AfmBOors-RtbgxQb1adAsG4ygYhVJY-jARxzLug13ZD8zn_GqR3iUCZA)

**4.3.1.7 Transistor 2N 3904.** El prototipo cuenta con múltiples sensores que envían señales en diversas frecuencias, es por esto que se seleccionó el transistor 2N 3904 (alldatasheet noviembre, 2000.) mostrado en la figura 18. Este es un transistor diseñado para ampliar señales de comunicación lo que permite la conmutación rápida en circuitos electrónicos.

**Figura 18**

*Transistor 20 3904*



*Nota.* Tomado de: [https://electronilab.co/tienda/2n3904-transistor-npn-to-92/?srsltid=AfmBOopcX5NbMwvAmYQns\\_4rKuihNcITUs1eM8RxCgYPkBvIDXMhGeGQ](https://electronilab.co/tienda/2n3904-transistor-npn-to-92/?srsltid=AfmBOopcX5NbMwvAmYQns_4rKuihNcITUs1eM8RxCgYPkBvIDXMhGeGQ)

**4.3.1.8 Sistema de carga.** El prototipo requiere un sistema que sea capaz de almacenar energía y alimente los diferentes componentes electrónicos. Para poder elegir el sistema de carga, el tipo de batería y su capacidad primero es necesario calcular la energía consumida por el sistema según las especificaciones técnicas de los componentes.

**4.3.1.8.1 Cálculo de energía consumida por el sistema.** Para calcular la energía consumida por el sistema se tomó en cuenta el consumo energético de cada componente electrónico según las especificaciones del fabricante y se sumó este consumo, tal y como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.***Consumo energético del sistema.*

Componente	Cantidad	Corriente unitaria (mA)	Corriente total (mA)
Servo SG90	2	250	500
Motovibrador 5V	3	80	240
Sensor ultrasónico AJ-SR04M	3	25	75
Sensor ultrasónico HC-SR04	1	15	15
Arduino Nano	1	40	40
<b>TOTAL</b>	—	—	<b>870 mA</b>

Con esto se obtuvo un consumo total del sistema activo de 870 [mA], es importante tener en cuenta que los servomotores SG90 que representan la mayor parte del consumo no estarán activos de forma constante por lo que el consumo real será menor.

**4.3.1.8.2 Selección de la batería y sistema de carga.** Una vez se obtuvo el valor de consumo del sistema, se halló la capacidad que debería tener el sistema para garantizar una autonomía de funcionamiento de al menos 2 horas de uso constante, siendo calculada con la ecuación (10)

$$\text{Capacidad} = \text{Consumo [A]} * \text{tiempo de autonomia [h]} \quad (10)$$

Reemplazando los valores conocidos se obtuvo

$$\text{Capacidad} = 0.87 \text{ [A]} * 2 \text{ [h]} = 1.74 \text{ [Ah]} \sim 1800 \text{ [mAh]}$$

Con el cálculo de la capacidad de la batería se seleccionaron dos módulos de batería individual recargable *IMR18650* de 2200 mAh y 3.7 V mostrado en la figura 19. Para garantizar a cabalidad la autonomía del prototipo teniendo en cuenta la implementación del módulo de carga y elevador de voltaje.

**Figura 19.**

*Batería IMR18650 2200 mAh*



*Nota.* Tomado de: <https://www.batterypkcell.com/es/3-7v2200mah-icr18650-10c-lithium-battery-product/>

En cuanto al sistema de carga se seleccionó un sistema basado en una porta baterías y un módulo TP 4056, como se muestran en la figura 20 y la figura 21 respectivamente. El módulo TP 4056 es el encargado de transmitir la energía a las baterías haciendo uso de un cargador de celular móvil común tipo C.

**Figura 20.**

*Porta baterías*



Nota. Tomado de: <https://dualtronica.com/baterias-y-adaptadores/291-porta-pila-18650x2-porta->

[bateria.html?srsltid=AfmBOoofjn0Hwk6zMeBzHJD8qe65GPOg\\_hnr45bNV9KTsVDhEAxRuH](https://dualtronica.com/baterias-y-adaptadores/291-porta-pila-18650x2-porta-bateria.html?srsltid=AfmBOoofjn0Hwk6zMeBzHJD8qe65GPOg_hnr45bNV9KTsVDhEAxRuH)

rV

### Figura 21.

*Módulo de carga TP 4056*

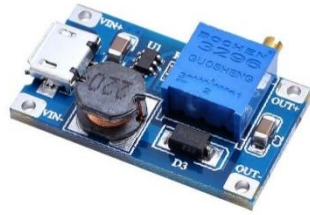


Nota. Tomado de: <https://electronilab.co/tienda/modulo-cargador-bateria-de-lipo-1a-micro-usb-5v/?srsltid=AfmBOopCwpO3UjqGQd-Cqr4wCidwx22T1Td9TDEoODhgcpt2Qvazr6Rj>

**4.3.1.9 Elevador MT 3608.** Se seleccionó el elevador de corriente MT 3608 mostrado en la figura 22, debido a que las baterías seleccionadas en el apartado 4.3.1.8 *Sistema de carga* nos entregan al sistema una diferencia de potencial de 3.3 [V], mientras que el microcontrolador Arduino Nano y los servos motores SG90 funcionan con una diferencia potencial superior de 5 [V], fue necesario garantizar la este valor para el correcto funcionamiento de estos elementos.

**Figura 22.**

*Elevador MT 3608*



*Nota.* Tomado de: <https://electronilab.co/tienda/convertidor-dc-dc-mt3608-boost-elevador->

[2a/?srsltid=AfmBOorwFDmhR\\_Ig9WLqtYKe5O7SuqvtPj7dNb1uBnQAcGDoDyuJmwCt](https://electronilab.co/tienda/convertidor-dc-dc-mt3608-boost-elevador-2a/?srsltid=AfmBOorwFDmhR_Ig9WLqtYKe5O7SuqvtPj7dNb1uBnQAcGDoDyuJmwCt)

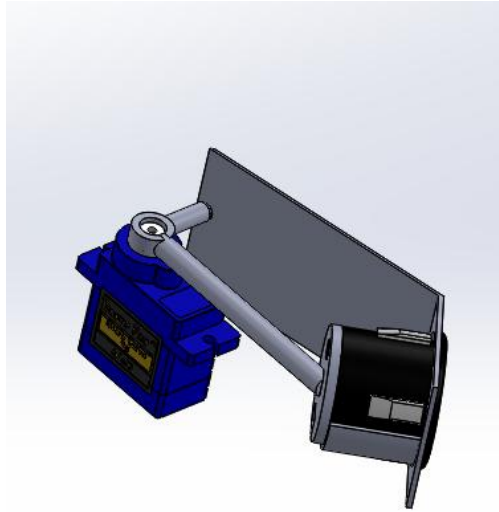
### **4.3.2 Construcción de subsistemas del prototipo**

Se realizó la impresión 3D de los componentes del sistema de extensión y el ensamble del sistema mecatrónico, integrando posteriormente en un único componente. Para esto, se siguió el siguiente procedimiento.

**4.3.2.1 Verificación de tolerancias.** Antes de comenzar con la impresión 3D de los diferentes componentes mecánicos, se realizó un ensamble detallado en la herramienta CAD *SolidWorks* con el propósito de observar de forma clara las dimensiones de dichos componentes y minimizar costos de impresión. Tal y como se muestra en la figura 23.

**Figura 23.**

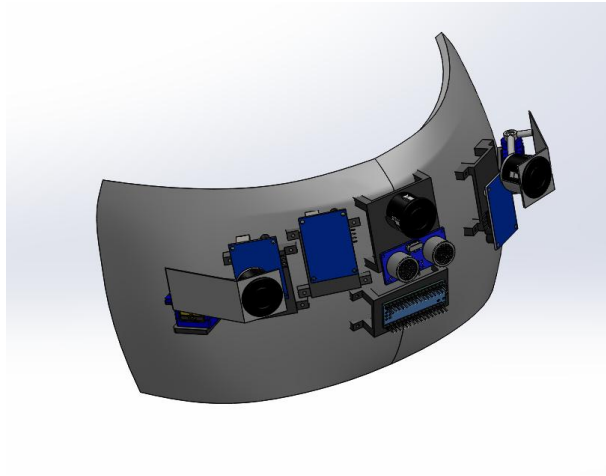
*Ensamble del sistema de extensión.*



**4.3.2.2 Diseño de disposición de elementos y cubierta exterior.** Con base en el ensamble observado en la figura 23, se determinó que las tolerancias entre piezas y el nivel de ajuste era lo necesario para el correcto funcionamiento del sistema. Una vez el sistema de extensión se dio por completado se procedió a hacer un ensamble de todos los componentes tanto mecánicos como electrónicos en el programa de *Solidworks*, con el fin de diseñar la cubierta exterior que cubre todos los componentes del prototipo y a su vez las piezas que sirven de apoyo para dichos componentes, tal y como se muestran en la figura 24 y figura 25.

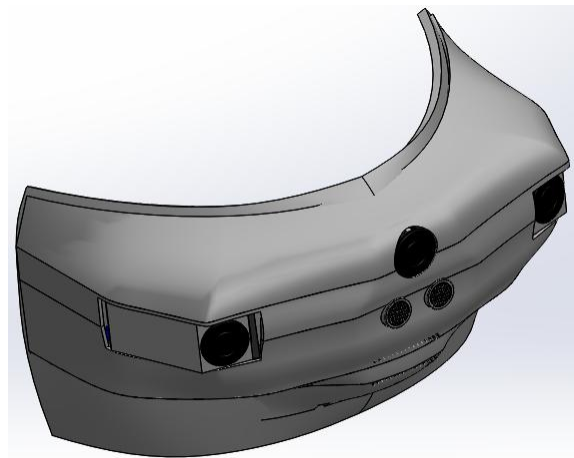
**Figura 24.**

*Ensamble electromecánico en SolidWorks*



**Figura 25.**

*Ensamble con cubierta exterior*

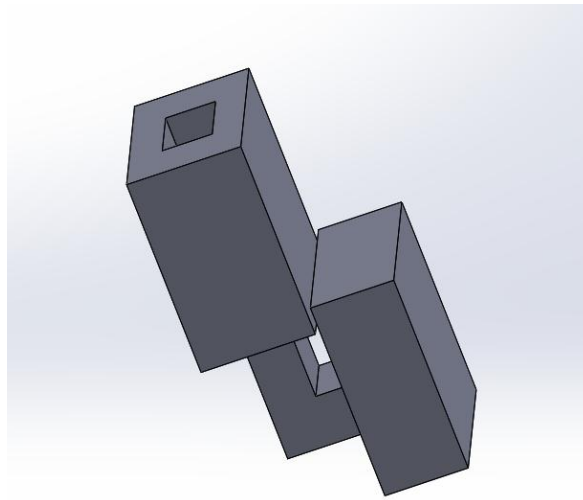


En cuanto fueron definidas las correctas dimensiones de los elementos y comprobado el correcto funcionamiento del sistema de extensión se tomó la decisión de pasar a la siguiente fase del procedimiento que es la impresión 3D de las piezas.

**4.3.2.3 Diseño del sistema de sujeción.** Con el propósito de contar con un sistema de sujeción versátil a la hora de usarlo, se optó por el diseño de dos piezas diferentes, a modo de gancho y cavidad como se muestra en la figura 26 que sirven como soporte para el prototipo una vez este ubicado en el casco.

**Figura 26.**

*Sistema de sujeción*



De esta forma una de las piezas estará sujeta al casco mientras la otra lo estará en la cara interior de la cubierta inferior del prototipo, facilitando en gran manera la disposición de la sujeción.

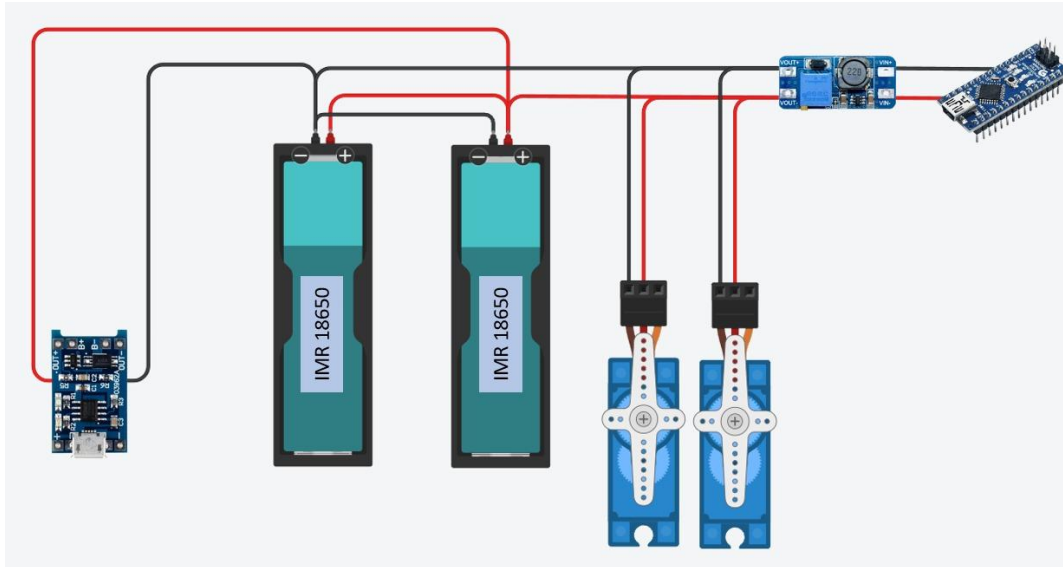
### **4.3.3 Diseño del sistema de carga**

Con el objetivo de simplificar el sistema de carga del prototipo se optó por la integración de dos baterías recargables ubicadas en una porta baterías, integrando un módulo de carga TP 4056 con el propósito de recargar las baterías de forma sencilla con una conexión USB tipo C, en la

figura 27 se muestra el esquema de conexiones de este sistema diseñado en la plataforma Tinkercard.

**Figura 27.**

*Sistema de carga Tinkercad*

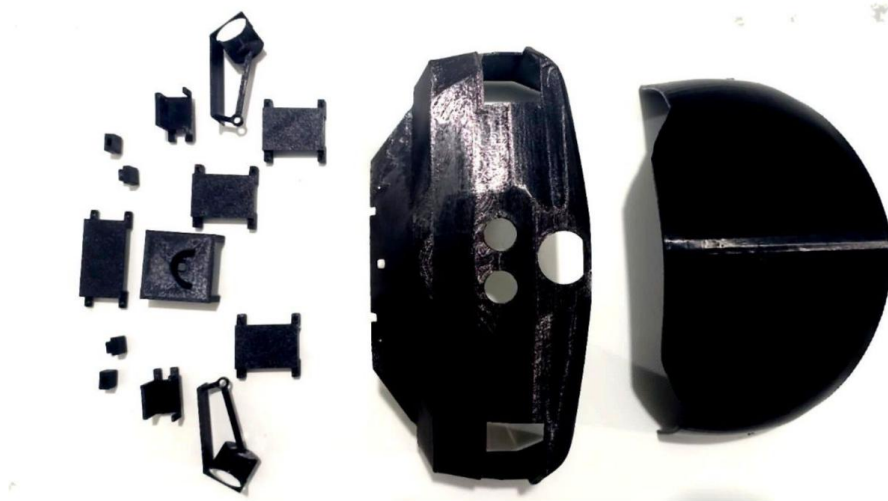


#### ***4.3.4 Impresión y armado del prototipo***

Teniendo en cuenta las piezas hechas en el programa CAD SolidWorks, se imprimieron todas las piezas del prototipo, observadas en la figura 28.

**Figura 28.**

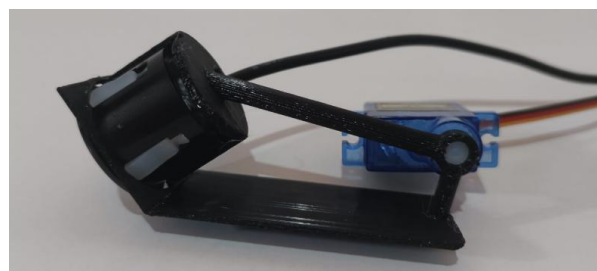
Componentes del prototipo



Posteriormente se realizó el armado del sistema de extensión del prototipo, esto con el propósito de verificar ajuste y rango de movimiento con la cubierta exterior puesta como se muestra en la figura 29. Se pudo constatar que el sistema de extensión tenía el rango de movimiento adecuado, además que su rigidez estructural era la apropiada para el correcto funcionamiento del sistema de extensión del prototipo.

**Figura 29.**

Armado del sistema de extensión

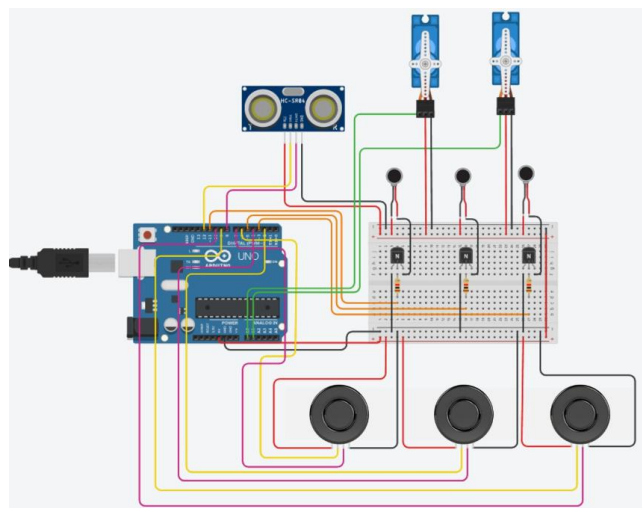


#### ***4.3.5 Armado del sistema mecatrónico***

Se llevo a cabo la construcción del sistema mecatrónico, incorporando los diversos componentes seleccionados en el apartado 3.2.1. El resultado fue una configuración de conexiones similar al diagrama realizado en la plataforma Tinkercard, como se muestra en la figura 30.

***Figura 30.***

*Configuración circuito eléctrico Tinkercard*



#### ***4.3.6 Integración de componentes electrónicos y mecánicos***

Una vez integrado el sistema electrónico y mecánico del prototipo se verificó la detección de los sensores, así como el correcto funcionamiento de los motores vibradores, a su vez se inspeccionó que el sistema de extensión por obstrucción de pasajero se accionara de forma adecuada cuando el sensor ultrasónico detectara una obstrucción dentro de su rango de detección.

**Figura 31.**

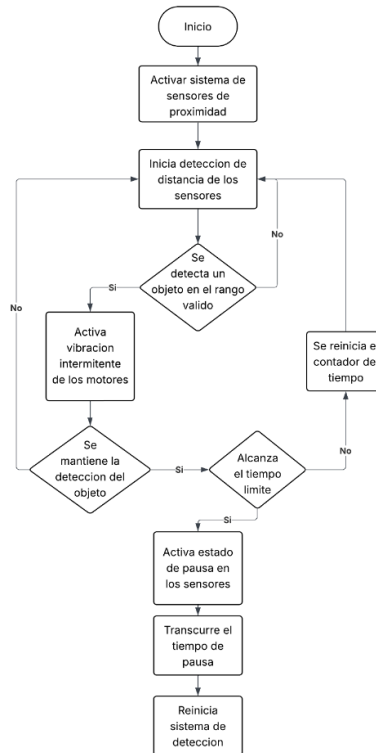
*Prototipo estructural completo*



#### **4.4 Programar el código del prototipo del sistema de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta**

##### ***4.4.1 Programación del código del sistema de detección.***

La programación del código principal para el sistema de detección del prototipo se realizó en la plataforma de Arduino IDE, teniendo en cuenta el uso de librerías, usadas con el propósito de facilitar y garantizar el correcto funcionamiento del prototipo. Teniendo esto en cuenta, se desarrolló el código siguiendo la lógica del pseudocódigo que se muestra en la figura 32, esta muestra de forma resumida y precisa el funcionamiento lógico principal del sistema electrónico del dispositivo.

**Figura 32.***Seudocódigo del sistema de detección.*

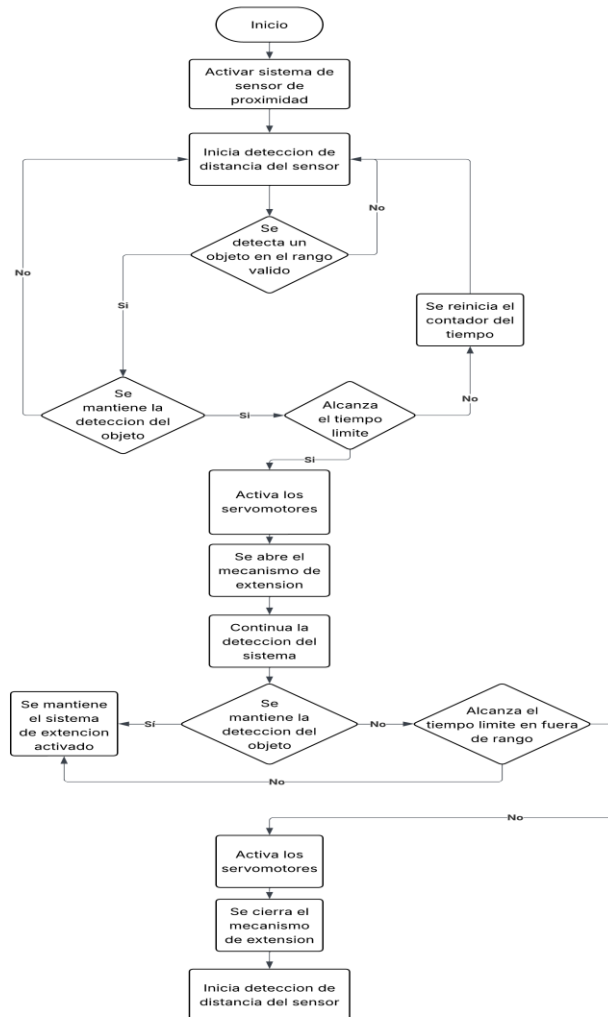
Cabe resaltar que la lógica evidenciada en el pseudocódigo mostrado anteriormente corresponde únicamente a los sensores laterales y moto vibradores usados en el prototipo para informar al usuario la dirección de la detección.

#### ***4.4.2 Programación del código del sistema de extensión.***

La programación del código principal para el sistema de detección, se llevó a cabo en la misma plataforma que se mencionó en el apartado 3.3. 1. El pseudocódigo que se muestra en la figura 33 muestra de forma simplificada la lógica de programación utilizada en el funcionamiento del sistema de extensión del prototipo.

Figura 33.

Seudocódigo del sistema de extensión



Es importante señalar que el pseudocódigo mostrado anteriormente corresponde únicamente al funcionamiento del sensor *HCSR04* y los Servo motores *SG 90*, quienes son los encargados de accionar el sistema de extensión del prototipo una vez se detecta una variación en su frecuencia de medición, siendo esta la presencia de un pasajero en un rango de distancia entre 10 y 20 cm en un tiempo constante de 10 segundos. También, es relevante destacar que, los servomotores *SG 90* cuentan con una línea de código de inicio que obliga a este a buscar su punto cero de referencia

una vez el sistema enciende, esto con el objetivo de evitar errores en la ubicación radial del servomotor.

#### 4.5 Evaluar el desempeño del prototipo

La evaluación del desempeño del prototipo se llevó a cabo teniendo en cuenta cuatro diferentes pruebas de funcionamiento, dos enfocadas al sistema de detección, una al sistema de extensión y la última destinada a medir la autonomía del dispositivo. Cada una de estas pruebas se llevó a cabo en un ambiente controlado y propicio para el correcto funcionamiento del dispositivo, teniendo en cuenta los diversos alcances y limitaciones de diseño mencionadas en el apartado 3.

##### 4.5.1 Prueba sistema de extensión por obstrucción de pasajero

Para esta prueba se ubicó un objeto detrás del prototipo, simulando la presencia de un pasajero, esto se realizó a tres diferentes distancias. Es importante resaltar que, para esta prueba no se tuvo en cuenta tener variación de posición angular debido a que en condiciones reales el pasajero siempre estará completamente detrás del piloto, los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 4.

**Tabla 5.**

*Resultados de prueba de sistema de extensión*

Distancia (cm)	N° de intentos	N° de aciertos	N° de errores	% de error
15	20	20	0	0%
30	20	19	1	5%
45	20	16	4	20%

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, podemos observar que la detección del sensor presenta un mejor desempeño en distancias cortas, que es donde se evidencio un porcentaje de

error de 0%, a medida que incremento la distancia lo hizo el porcentaje de error demostrando ser confiable en distancias cortas.

#### **4.5.2 Pruebas sistema de detección (sin extensión)**

Esta prueba se llevó con el sistema de extensión de rango retraído, teniendo un rango de variación de al menos 90° en la presencia de objetos respecto al eje central del casco, esto se realizó a tres distancias distintas. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 5.

#### **Tabla 6.**

*Resultados prueba sistema de detección sin extensión*

<b>Distancia (m)</b>	<b>N° de intentos</b>	<b>N° de aciertos</b>	<b>N° de errores</b>	<b>% de error</b>
1	20	20	0	0%
1,5	20	19	1	5%
2	20	19	2	10%

Con los resultados obtenidos, se evidencia un buen desempeño del sistema a menores distancias. A medida que la distancia aumenta, se observa un incremento en el porcentaje de error; sin embargo, es importante denotar que incluso al duplicar la distancia de medición, el error se mantiene alrededor del 10%, lo que indica un comportamiento estable y consistente del sistema de detección.

#### **4.5.3 Pruebas sistema de detección (con extensión)**

Esta prueba se llevó con el sistema de extensión de rango abierto, teniendo un rango de variación de al menos 100° en la presencia de objetos respecto al eje central del casco, esto se realizó a tres distancias distintas. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 6.

**Tabla 7.***Resultados prueba sistema de detección con extensión*

<b>Distancia (m)</b>	<b>N° de intentos</b>	<b>N° de aciertos</b>	<b>N° de errores</b>	<b>% de error</b>
1	20	20	0	0%
1,5	20	20	0	0%
2	20	19	1	5%

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, podemos observar que la detección del sensor presenta un mejor desempeño en distancias cortas, siendo su porcentaje de error para esta prueba de 0% y conforme aumento la distancia este porcentaje vario un 5%, evidenciando la efectividad del sistema de extensión pues se obtuvo un menor porcentaje de error aun contando con un incremento de 10° adicionales en la variación de la presencia de objetos.

#### **4.5.4 Prueba de autonomía base**

Para la evaluación de la autonomía del prototipo, se realizó un ensayo de descarga continua con el fin de determinar su autonomía base. En esta prueba, el dispositivo se mantuvo en funcionamiento mientras se procuró replicar, de la manera más fiel posible, las condiciones reales de uso sin dejar de tener en cuenta los alcances y limitaciones del prototipo.

Durante la prueba se hizo uso del mecanismo de extensión por obstrucción de pasajero de manera intermitente, así como variando la cantidad de objetos detectados en distintos rangos y distancias de detección simulando tráfico intenso en diversos instantes de tiempo. Esto permitió someter el prototipo a un escenario dinámico y cercano a su entorno de funcionamiento real.

Como resultado, se obtuvo una autonomía base de 2 hora, 57 minutos y 33 segundos, con todos los subsistemas activos, incluyendo tanto el sistema de detección como el de obstrucción.

## 5. Resultados

Teniendo en cuenta las pruebas realizadas en el apartado 4.5 Evaluar el desempeño del prototipo, se evidenció el correcto funcionamiento del dispositivo a lo largo de los ensayos desarrollados en un ambiente controlado.

El sistema de extensión por obstrucción de pasajero mostró un comportamiento confiable, activándose correctamente en distancias cercanas, donde presentó un porcentaje de error de 0%. A medida que aumentó la distancia entre el sensor y el objeto, dicho porcentaje de error también se incrementó, lo cual era esperado. Esto demuestra su confiabilidad en la detección de pasajero a distancias cortas, acorde a las condiciones de uso reales.

Por su parte, el sistema de detección sin extensión demostró un funcionamiento adecuado, evidenciando efectividad en un rango de  $90^\circ$  medidos desde el eje central del casco. Al igual que en el sistema anterior, el porcentaje de error aumentó con la distancia, aunque de manera no significativa. Es importante resaltar que los errores registrados en la mayor distancia se presentaron en puntos cercanos al límite del rango angular de  $90^\circ$ .

En cuanto al sistema de detección con extensión, se evidenció una mejora significativa en la detección de objetos, incluso cuando el rango angular se incrementó a  $100^\circ$ . En esta configuración, se obtuvo un porcentaje de error nulo en las distancias más cercanas y un margen de error del 5% en la distancia más lejana, lo que permite evidenciar la efectividad del sistema de extensión en la ampliación del rango de detección sin afectar considerablemente la precisión.

Finalmente, respecto a la autonomía del dispositivo, se observó que cumple con el objetivo planteado de al menos 2 horas de funcionamiento continuo. El prototipo mantuvo un desempeño adecuado durante gran parte del ensayo; sin embargo, en condiciones de tráfico intenso se evidenciaron ligeras deficiencias en la velocidad de detección. Asimismo, al acercarse a las 2 horas

y 30 minutos de uso, se presentó un accionamiento más lento en el sistema de extensión por obstrucción de pasajero. Hacia el final de la autonomía, los servomotores encargados de este sistema comenzaron a presentar fallas en su funcionamiento, lo cual indica una disminución del rendimiento asociada al nivel de carga de la batería.

## **6. Conclusiones**

Se logró el diseño y construcción de un prototipo de sensores de proximidad portable para casco de motocicleta, con un sistema integrado de extensión de rango de detección en caso de obstrucción por pasajero, el sistema de detección cumplió de forma satisfactoria la tarea por la cual fue diseñado, obteniendo porcentajes de error en el sistema de detección que no sobre pasan el 10%. Asimismo, se destaca que la implementación del sistema de extensión representa una mejora significativa en el alcance y cobertura de detección, permitiendo ampliar el rango angular sin afectar de forma considerable la precisión.

El prototipo se construyó utilizando la tecnología de impresión 3D como principal proceso de manufactura para su construcción. Teniendo en cuenta aspectos de funcionalidad, portabilidad y compactibilidad para lograr una detección eficiente de su entorno al usuario. El código usado fue programado utilizando el lenguaje de programación lógico de las placas Arduino, logrando desarrollar dos diferentes códigos que comuniquen de forma óptima los componentes mecatrónicos del prototipo.

Teniendo en cuenta las pruebas realizadas en el prototipo se concluyó, que este cumplió de forma acertada con los requerimientos de diseño y funcionamiento mecánico y mecatrónico.

Con esto, se concluye que el proyecto permitió alcanzar el cumplimiento del objetivo general, así como sus objetivos específicos, obteniendo un prototipo de sistema de sensores de proximidad funcional con un rango de detección de 90° y una autonomía superior a las 2 horas de uso, constituyendo una herramienta útil para mejorar la percepción del entorno del motociclista.

### **6.1 Recomendaciones**

A lo largo de todo el proceso de diseño, construcción y pruebas, se identificaron diversos aspectos que, aunque funcionales, presentan un importante potencial de mejora.

En cuanto al diseño y modelado de superficies, se recomienda el uso de un software CAD diferente a SolidWorks, ya que, aunque este permite crear superficies de forma casi exacta, existen otras herramientas que pueden realizar este proceso de manera más sencilla.

Respecto al diseño físico del prototipo, se sugiere realizar una mejor gestión del espacio disponible, con el fin de lograr una cubierta exterior más compacta y aerodinámica.

Finalmente, en la parte del sistema mecatrónico, se recomienda reemplazar el sensor ultrasónico encargado de activar el sistema de extensión por uno de mayor precisión y alcance, como el módulo AJ-SR04M, debido a que los errores evidenciados en las pruebas de este sistema estuvieron asociados al rango limitado del sensor utilizado.

## Referencias

Alerta Bogotá. (2025, enero 28). El nuevo casco para motociclistas con inteligencia artificial: tendrán vista de 360 grados.

<https://www.alertabogota.com/noticias/economia-de-bolsillo/el-nuevo-casco-para-motociclistas-con-inteligencia-artificial-tendran>

Alldatasheet. (n.d.-a). Datasheet SG90 9 g micro servo. Retrieved May 23, 2025, from

<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/1572383/ETC/SG90.html>

Alldatasheet. (n.d.-b). SG-5010 TowerPro. Retrieved May 23, 2025, from

<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/download/1540156/ETC2/SG-5010.html>

alldatasheet. (n.d.-b). SG-5010 TOWERPRO | Alldatasheet. Retrieved May 23, 2025, from

<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/download/1540156/ETC2/SG-5010.html>

Alldatasheet. (2014, noviembre 16). Sensor ultrasónico HCSR04.

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132204/ETC2/HCSR04.html>

Arduino. (n.d.). Arduino Uno R3.

<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>

Beer, F. P., & Johnston, E. R. (2010). Mecánica vectorial para ingenieros: Estática (9<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones (3.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.

eSun3D. (2025, mayo 19). PLA+ filament.

<https://www.esun3d.com/es/pla-pro-product/>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2017). *Cascos protectores y sus visores para conductores y acompañantes de motocicletas, motociclos y motocarros (NTC 4533)*. ICONTEC.

Microdesys. (2023, enero 11). Microcontrolador ESP32.

<https://microdesys.es/docs/microcontrolador-esp32/>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020, noviembre 15). Colombia establece compromiso de reducir los siniestros viales.

<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-establece-compromiso-de-reducir-los-siniestros-viales.aspx>

Organización Mundial de la Salud. (2023, diciembre 13). Despite notable progress, road safety remains urgent global issue.

<https://www.who.int/es/news/item/13-12-2023-despite-notable-progress-road-safety-remains-urgent-global-issue>

Organización Mundial de la Salud. (2023, diciembre 13). Road traffic injuries.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Pkcell. (s.f.). *3.7V 2200mAh ICR18650 10C lithium battery*

SSDielect. (n.d.). AJ-SR04M sensor ultrasónico: distancia, obstáculos y reflectancia.

<https://ssdielect.com/distancia-ultrasonido-obstaculos-y-reflectancia/3519-aj-sr04m.html>

Tesla, Inc. (n.d.). Manual del propietario de Tesla Model S.

[https://www.tesla.com/ownersmanual/models/es\\_es/Owners\\_Manual.pdf](https://www.tesla.com/ownersmanual/models/es_es/Owners_Manual.pdf)

## Apéndices

### Apéndice A. Código de programación

```
#include <Servo.h>

// ===== SERVOS =====

Servo servo1;

Servo servo2;

const int trigServo = 8;

const int echoServo = 12;

long duracionServo;

int distanciaServo;

int distanciaLimite = 30;

unsigned long tiempoDetectado = 0;

unsigned long tiempoNoDetectado = 0;

bool estadoServo = false;

int velocidadServo = 20;

int posicionActual = 0;

// ===== SENSORES PRINCIPALES =====

struct SensorSistema

    int trigPin;

    int echoPin;

    int motorPin;
```

```
unsigned long tiempoAnterior;  
unsigned long tiempoInicioRango;  
unsigned long tiempoFueraRango;  
unsigned long tiempoInicioPausa;
```

```
bool estadoMotor;  
bool enRango;  
bool enPausa;
```

```
float distanciaActual;  
};
```

```
SensorSistema sensores[3] = {  
    {9, 10, 3, 0,0,0,0,false,false,false,0},  
    {2, 4, 5, 0,0,0,0,false,false,false,0},  
    {6, 7, 11, 0,0,0,0,false,false,false,0}  
};
```

```
unsigned long tiempoTexto = 0;
```

```
// ===== SETUP =====
```

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);
```

```
for(int i = 0; i < 3; i++){  
    pinMode(sensores[i].trigPin, OUTPUT);  
    pinMode(sensores[i].echoPin, INPUT);  
    pinMode(sensores[i].motorPin, OUTPUT);  
}  
  
pinMode(trigServo, OUTPUT);  
pinMode(echoServo, INPUT);  
  
servo1.attach(A0);  
servo2.attach(A1);  
  
// Inicialización suave  
for(int i = 90; i >= 0; i--){  
    servo1.write(i);  
    servo2.write(i);  
    delay(15);  
}  
posicionActual = 0;  
}
```

```
// ===== LOOP =====  
  
void loop() {  
  
    // ----- SENSORES PRINCIPALES -----  
  
    for(int i = 0; i < 3; i++){  
  
        manejarSensor(sensores[i]);  
  
    }  
  
    // ----- SERIAL PLOTTER -----  
  
    Serial.print(sensores[0].distanciaActual);  
  
    Serial.print(" ");  
  
    Serial.print(sensores[1].distanciaActual);  
  
    Serial.print(" ");  
  
    Serial.println(sensores[2].distanciaActual);  
  
  
    // ----- TEXTO -----  
  
    if (millis() - tiempoTexto >= 1000) {  
  
        tiempoTexto = millis();  
  
        Serial.print("S1: ");  
  
        Serial.print(sensores[0].distanciaActual);  
  
        Serial.print(" cm | S2: ");  
  
        Serial.print(sensores[1].distanciaActual);  
  
        Serial.print(" cm | S3: ");  
  
        Serial.print(sensores[2].distanciaActual);  
  
    }  
  
}
```

```
    Serial.println(" cm");
}

// ----- BLOQUE SERVOS (IGUAL AL TUYO) -----

manejarServos();
}

// ===== SENSOR =====

void manejarSensor(SensorSistema &s) {
    unsigned long tiempoActual = millis();

    digitalWrite(s.trigPin, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(s.trigPin, HIGH);

    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(s.trigPin, LOW);

    long duracion = pulseIn(s.echoPin, HIGH, 30000);

    float distancia = duracion * 0.034 / 2;

    s.distanciaActual = distancia;

    if (s.enPausa) {

        digitalWrite(s.motorPin, LOW);

        if (tiempoActual - s.tiempoInicioPausa >= 5000) {

            s.enPausa = false;

            s.enRango = false;
        }
    }
}
```

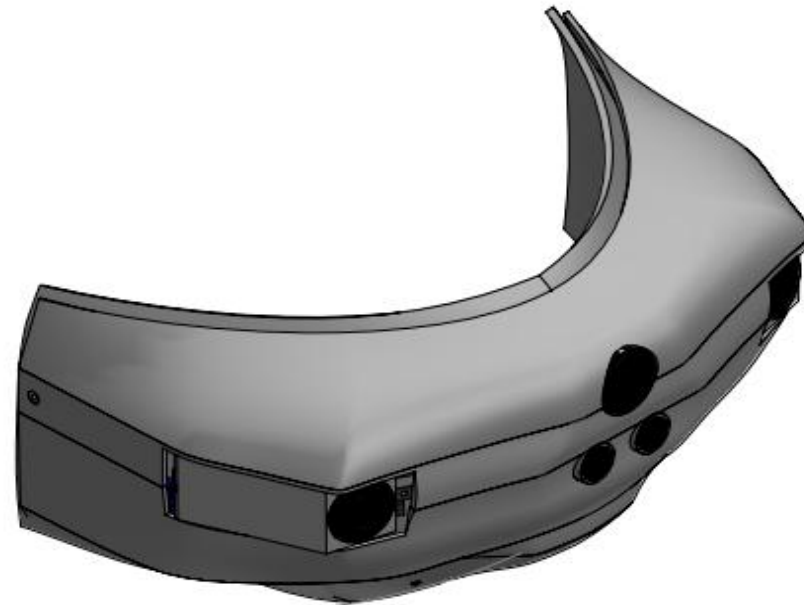
```
    }  
    return;  
}  
  
if (distancia > 35 && distancia < 220) {  
    s.tiempoFueraRango = 0;  
  
    if (!s.enRango) {  
        s.enRango = true;  
  
        s.tiempoInicioRango = tiempoActual;  
    }  
  
    if (tiempoActual - s.tiempoInicioRango >= 10000) {  
        s.enPausa = true;  
  
        s.tiempoInicioPausa = tiempoActual;  
  
        return;  
    }  
  
    if (tiempoActual - s.tiempoAnterior >= 1000) {  
        s.tiempoAnterior = tiempoActual;  
  
        s.estadoMotor = !s.estadoMotor;  
  
        analogWrite(s.motorPin, s.estadoMotor ? 60 : 0);  
    }  
  
} else {  
  
    if (s.tiempoFueraRango == 0)  
        s.tiempoFueraRango = tiempoActual;
```

```
    if (tiempoActual - s.tiempoFueraRango > 300) {  
        s.enRango = false;  
        digitalWrite(s.motorPin, LOW);  
        s.estadoMotor = false;  
    }  
}  
}  
  
// ===== SERVO =====  
  
void manejarServos() {  
  
    digitalWrite(trigServo, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
    digitalWrite(trigServo, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(trigServo, LOW);  
  
    duracionServo = pulseIn(echoServo, HIGH);  
    distanciaServo = duracionServo * 0.034 / 2;  
  
    if(distanciaServo < distanciaLimite){  
        tiempoNoDetectado = 0;  
  
        if(tiempoDetectado == 0){
```

```
    tiempoDetectado = millis();  
  }  
  if(millis() - tiempoDetectado >= 5000 && !estadoServo){  
    for(int i = posicionActual; i <= 90; i++){  
      servo1.write(i);  
      servo2.write(i);  
      delay(velocidadServo);  
    }  
    posicionActual = 90;  
    estadoServo = true;  
  }  
  
  } else {  
    tiempoDetectado = 0;  
    if(tiempoNoDetectado == 0){  
      tiempoNoDetectado = millis();  
    }  
  
    if(millis() - tiempoNoDetectado >= 5000 && estadoServo){  
      for(int i = posicionActual; i >= 0; i--){  
        servo1.write(i);  
        servo2.write(i);  
        delay(velocidadServo);
```

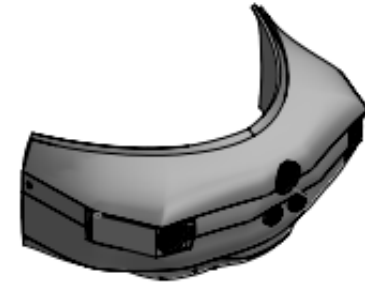
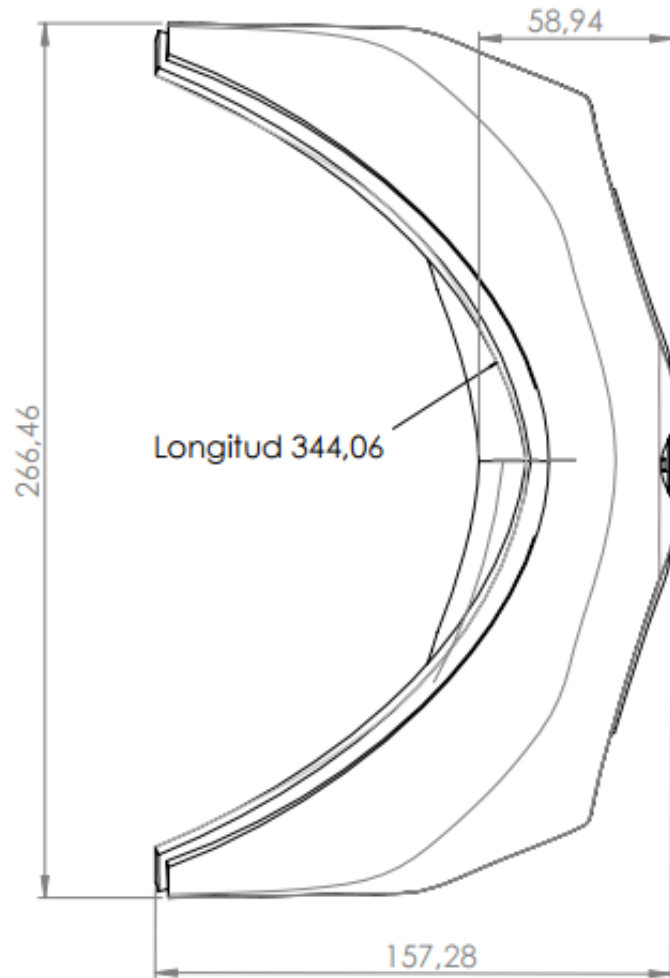
```
    }  
    posicionActual = 0;  
    estadoServo = false;  
  }  
}  
delay(100);  
}
```

**Apéndice B. Planos detallados de piezas del prototipo.**



		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
FECHA: 17/04/26	ESCALA: 1:2	TITULO: SISTEMA DE SENSORES DE PROXIMIDAD PORTABLE PARA CASCO DE MOTOCICLETA	
UNIDADES: mm	A4	AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZÓN	
		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA	HOJA 1/10

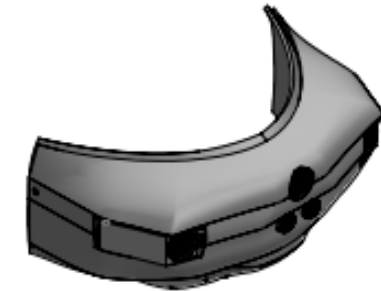
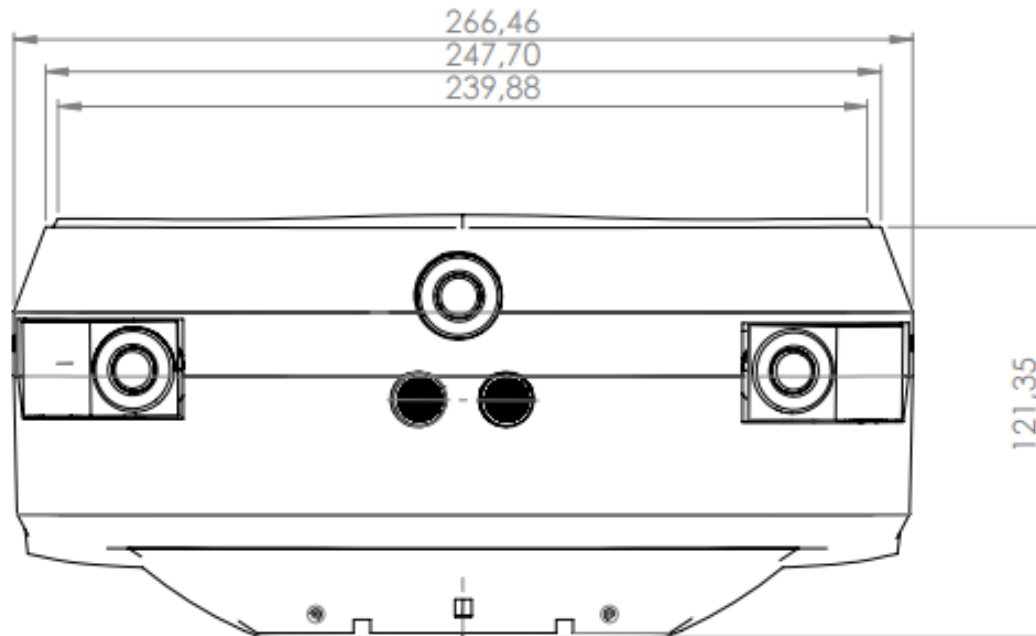
# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 71



ESCALA: 1:5

		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
FECHA: 17/04/26	ESCALA: 1:2	TITULO: SISTEMA DE SENSORES DE PROXIMIDAD PORTABLE PARA CASCO DE MOTOCICLETA	
UNIDADES: mm	A4	AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZÓN	
		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA	HOJA 2/10

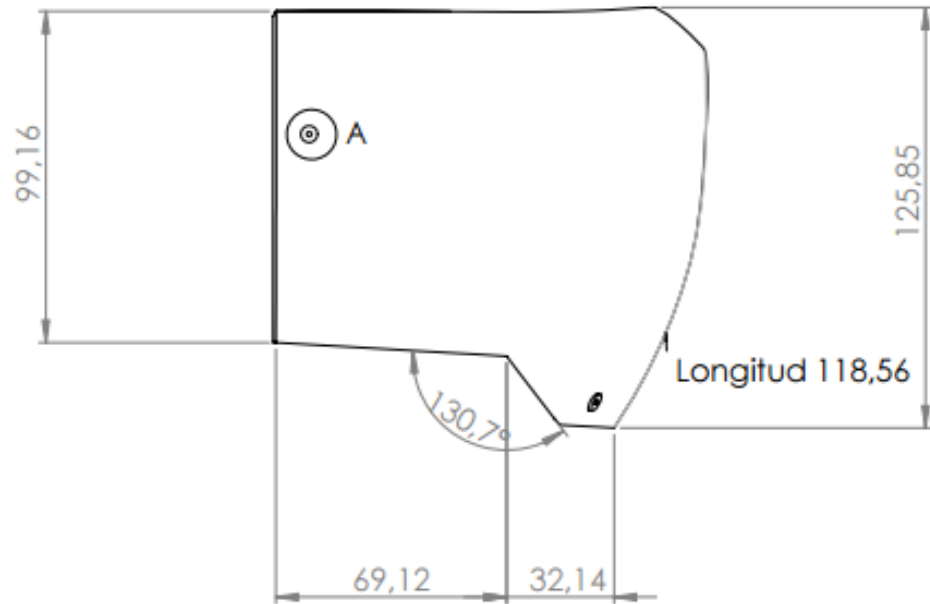
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 72



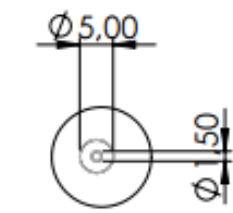
ESCALA: 1:5

		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
FECHA: 17/04/26		TITULO: SISTEMA DE SENSORES DE PROXIMIDAD PORTABLE PARA CASCO DE MOTOCICLETA	
ESCALA: 1:2		AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZÓN	
UNIDADES: mm		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA	
A4		HOJA 3/10	

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 73



ESCALA: 1:2



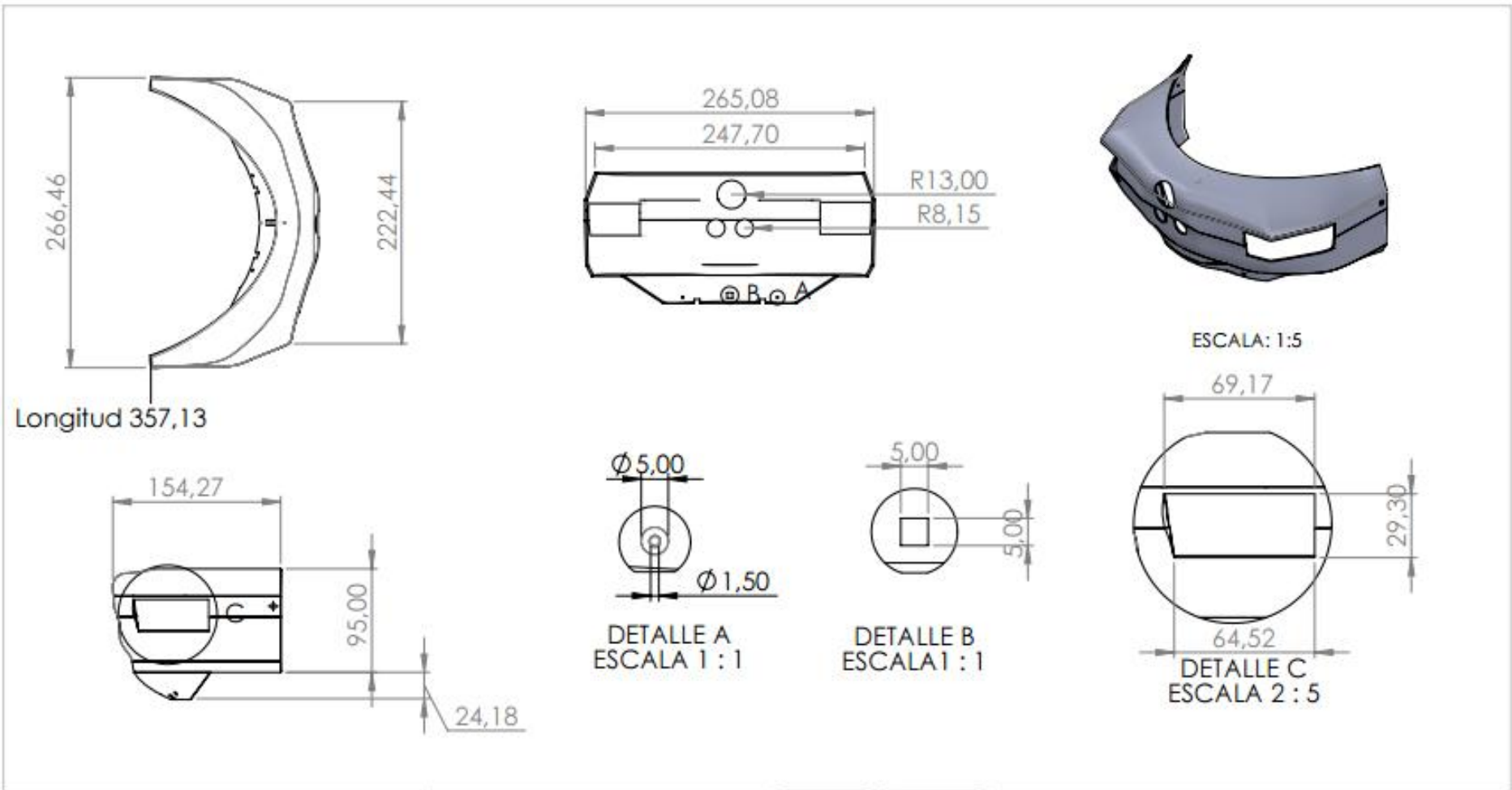
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.

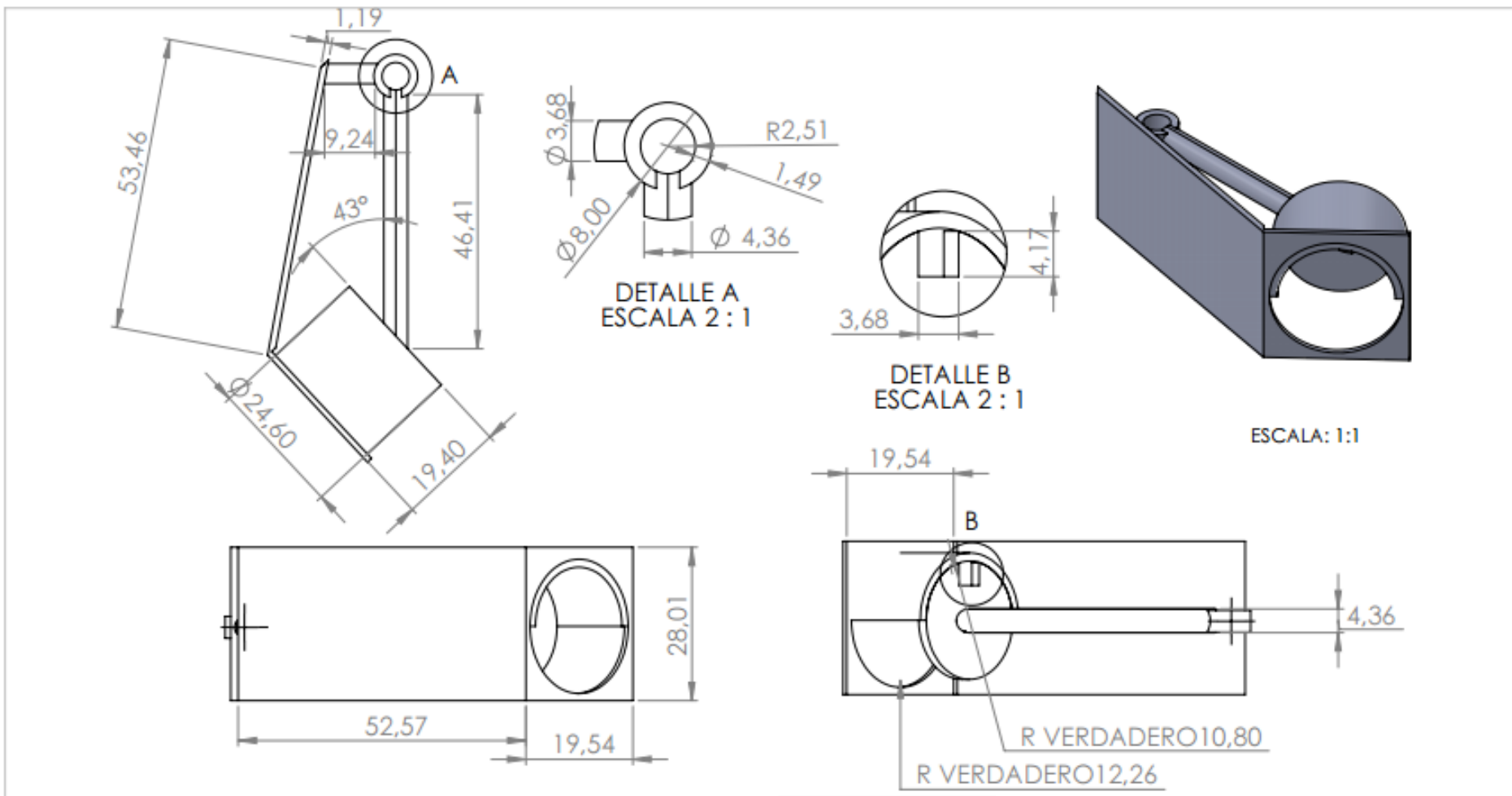
 		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
FECHA: 17/04/26		TITULO:	
ESCALA: 1:2		CARCAZA INFERIOR	
UNIDADES: mm		AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZON	
A4		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA	HOJA 4/10




DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 74



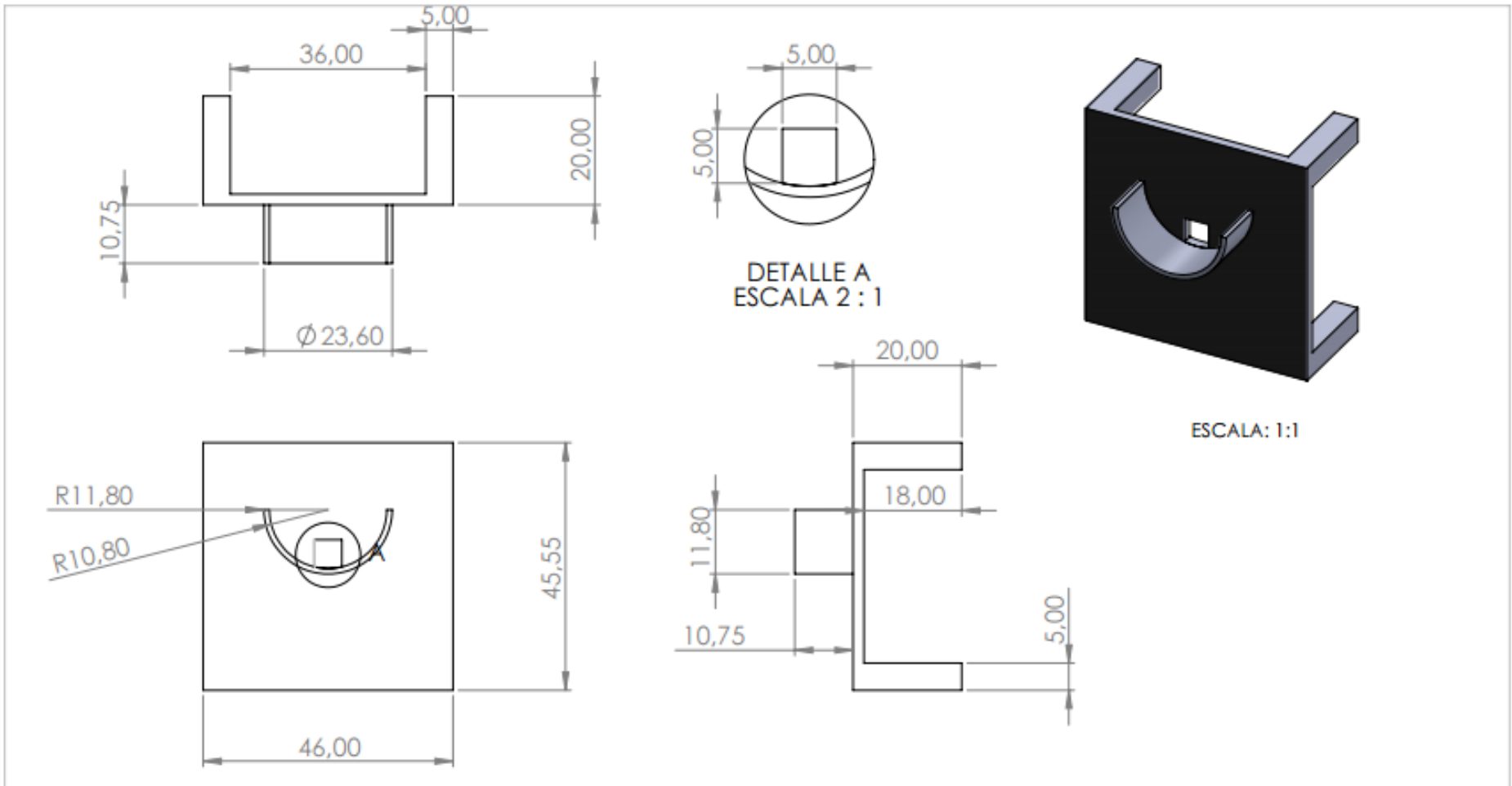
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:			<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
<p>La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.</p>	FECHA: 17/04/26	TITULO:		
	ESCALA: 1:5	CARCAZA SUPERIOR		
	UNIDADES: mm	AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZON		
A4		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA	HOJA 5/10	

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 75



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:	 	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
<p>La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.</p>	FECHA: 17/04/26	TÍTULO: EJE SISTEMA DE EXTENSIÓN	
	ESCALA: 1:1	AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZON	
	UNIDADES: mm	ESCUOLA DE INGENIERIA MECÁNICA	
A4		ESCUOLA DE INGENIERIA MECÁNICA	HOJA 6/10

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 76



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

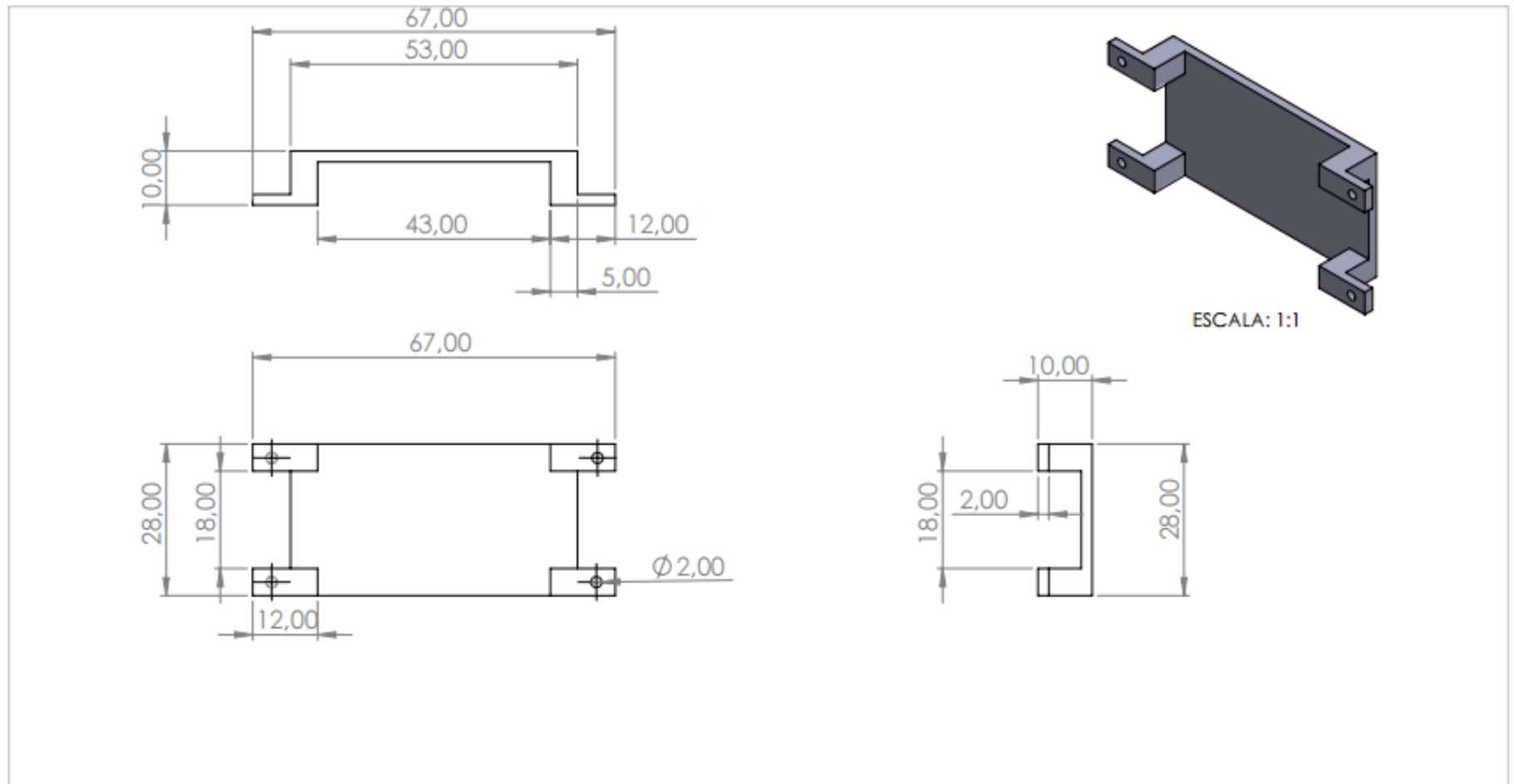
FECHA: 17/04/26  
 ESCALA: 1:1  
 UNIDADES: mm

TITULO: SOPORTE SENSOR ULTRASONICO  
 AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZON

A4

ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA HOJA 7/10

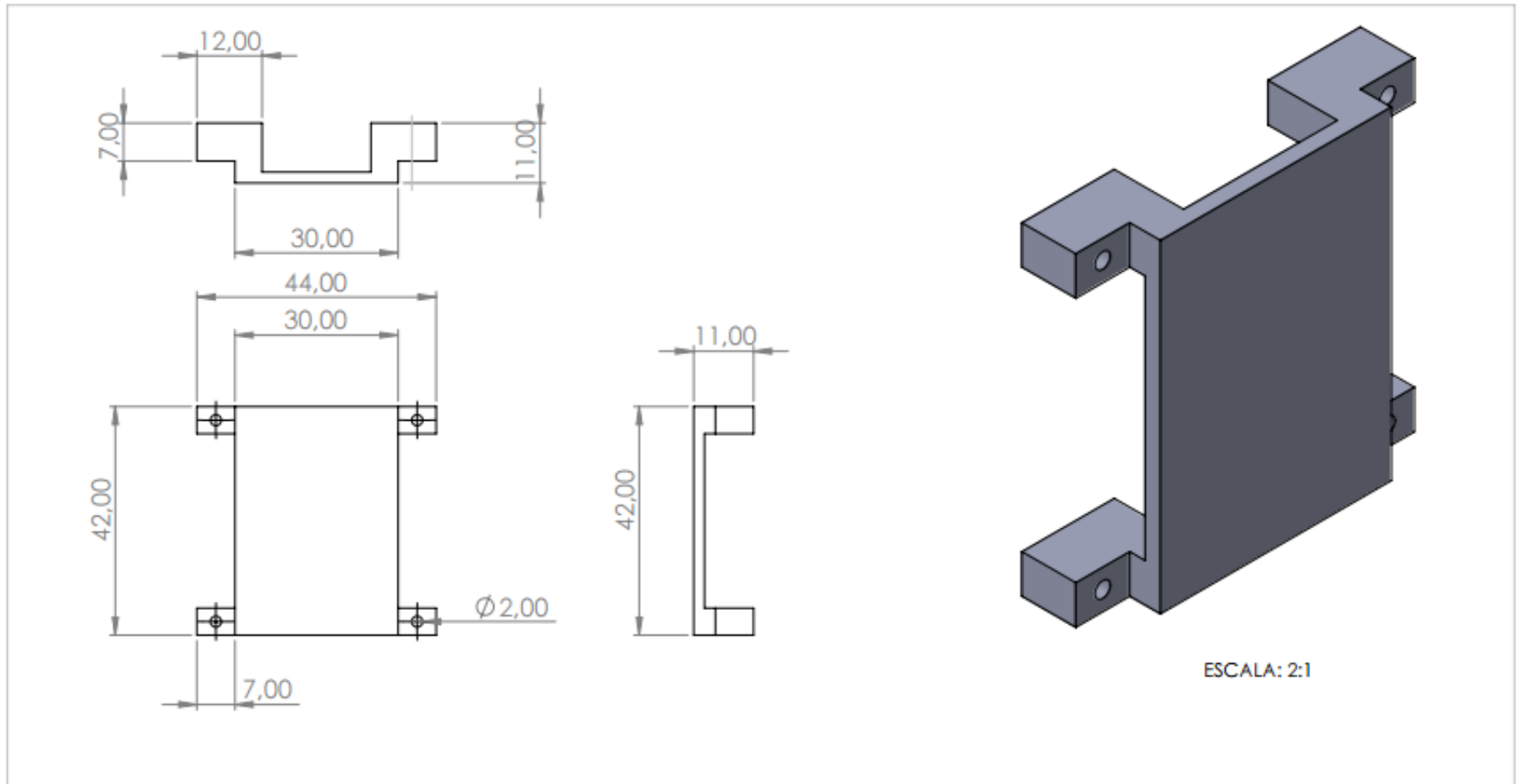
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 77



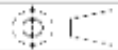


DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

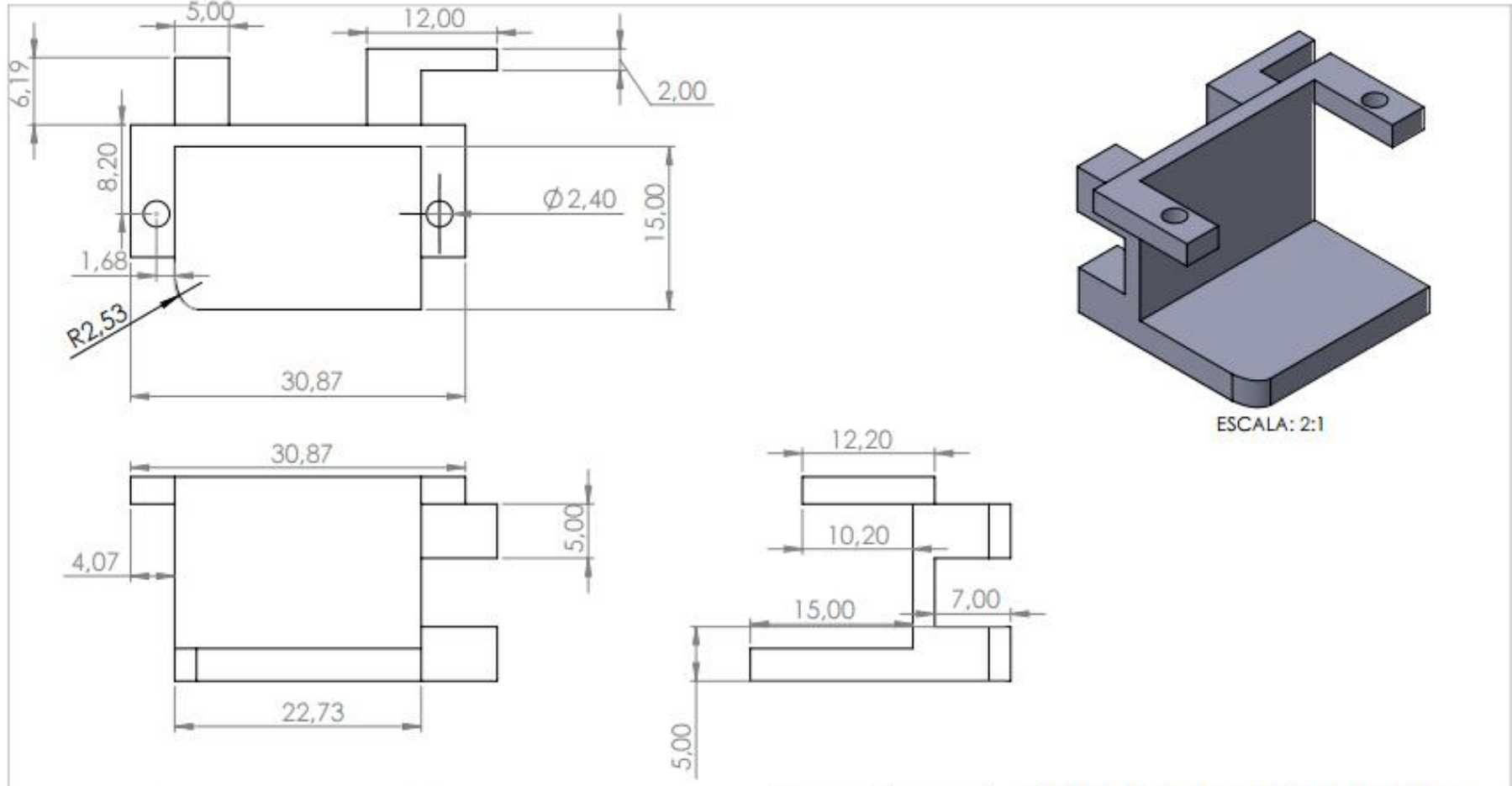
La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.

 		<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
FECHA: 17/04/26		TITULO:	
ESCALA: 1:1		SOPORTE MICROCONTROLADOR	
UNIDADES: mm		AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZON	
A4		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA	HOJA 8/10



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:		 	<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
<p>La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.</p>			FECHA: 17/04/26	TITULO:
		ESCALA: 1:1	SOPORTE PLACA SENSOR AJ-SRM04	
		UNIDADES: mm	AUTOR: DAVID GALLEGO, WILSON PINZON	
A4		ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 9/10

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA CASCO DE MOTOCICLETA 79



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

La impresora 3D calienta y funde el filamento PLA+ para depositarlo capa por capa siguiendo el diseño. Al terminar, se deja enfriar y se retira la pieza de la cama de impresión.



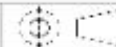
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 17/04/26

ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

SOPORTE SERVO MOTOR SG90

AUTOR:

DAVID GALLEGO, WILSON PINZON

ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA

HOJA 10/10