

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**Diseño de un sistema de protección craneal y cervical con airbags en cascos integrales para motociclistas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**Johan Jair Porras Huaman**

**ASESOR**

**Elmer Rolando Polo Briceno**

<https://orcid.org/0000-0002-5831-8818>

**Chiclayo, 2023**

**Diseño de un sistema de protección craneal y cervical con airbags  
en cascos integrales para motociclistas**

PRESENTADA POR

**Johan Jair Porras Huaman**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR

Alejandro Segundo Vera Lázaro  
PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza  
SECRETARIO

Elmer Rolando Polo Briceño  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación se la dedico a Dios, a mis padres Santos Porras y Anastacia Huamán, por apoyarme durante toda mi formación como profesional, también a mi esposa Maria Carrasco e hija Dana Mariel, por ser la inspiración para este logro.

## **Agradecimientos**

A mi asesor, el Ing. Elmer Polo Briceño y a mi compañero el Ing. Saul Espinoza Ruiz, quienes aportaron con valiosos conocimientos durante la investigación.

## TESIS JOHAN JAIR PORRAS HUAMAN

### INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://miunespace.une.edu.ve">miunespace.une.edu.ve</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://makershopbcn.com">makershopbcn.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="https://redieluz.org">redieluz.org</a> Fuente de Internet	1%

## Índice

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
Revisión de literatura .....	12
Materiales y métodos .....	20
Resultados y discusión .....	26
Conclusiones .....	51
Recomendaciones.....	52
Referencias .....	53
Anexos.....	55

## Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de cascos según el material .....	16
Tabla 2. Tipos de cascos según su forma .....	17
Tabla 3. Población y muestra del estudio .....	20
Tabla 4. Lesiones por accidentes de tránsito en usuarios de motocicletas, según diagnostico CIE 10, Perú 2021 .....	26
Tabla 5. Resumen de datos relacionados al promedio víctimas de accidentes de tránsito en Perú - 2019. ....	27
Tabla 6. Datos relacionados a la seguridad que requiere un motociclista promedio Lambayeque en el 2021..	27
Tabla 7. Elementos de la regulación de voltaje y corriente de entrada del módulo de la motocicleta. ....	32
Tabla 8. Principales diferencias entre el PLA y el ABS. ....	42
Tabla 9. Escenario de choque ADAC – Basado en la ISO 13232. ....	44

## Lista de Figuras

<i>Figura 1. Impacto frontal (posible fractura bilateral de fémur)</i>	14
<i>Figura 2. Impacto angular</i>	15
<i>Figura 3. Diagrama de flujo del sistema</i>	28
<i>Figura 4. Diagrama de flujo del módulo de la motocicleta</i>	30
<i>Figura 5. Batería de Plomo-Ácido VRLA, Modelo NP7-12, Marca YUASA</i>	31
<i>Figura 6. Arduino Pro Mini</i>	33
<i>Figura 7. Sensor GY-521 con MPU-6050</i>	33
<i>Figura 8. Diodo LED 5LR12K</i>	34
<i>Figura 9. Dimensiones del bluetooth RYB080I_lite en milímetros</i>	35
<i>Figura 10. Esquema del módulo del Casco.</i>	36
<i>Figura 11. Batería LiPo YKS 7.4 V y 1500 mA</i>	37
<i>Figura 12 Sensor de fuerza resistivo</i>	38
<i>Figura 13. Diodo LED 3LIR</i>	39
<i>Figura 14. Bluetooth Shield v1.0 de "Elecrow".</i>	39
<i>Figura 15. Hövding - Airbag para ciclistas - El casco de bicicleta invisible</i>	40
<i>Figura 16. Bombona CO2 XLAB 16 g</i>	40
<i>Figura 17. Mecanismo de llenado del airbag.</i>	41

## Resumen

La presente tesis se centra en el estudio y mejora del nivel de protección brindado a las regiones de la cabeza y cuello de los motociclistas por parte de los cascos tipo integrales.

Debido a esta problemática, se plantea la siguiente interrogante: ¿Con el diseño de un sistema de protección craneal y cervical implementando un airbag en cascos integrales para motociclistas disminuirá la fuerza de impacto ante un accidente?

Por lo tanto, el objetivo planteado para el desarrollo de la tesis es diseñar un sistema de protección craneal y cervical con airbag en cascos integrales para motociclistas. Este sistema opera en conjunto con el casco para reducir el impacto en las regiones de la cabeza y las vértebras cervicales durante los accidentes de tránsito.

Posterior a una selección de componentes para un sistema acoplado en los cascos integrales, así como en las motocicletas, se procedió a validar mediante un análisis numérico la diferencia entre la fuerza aplicada sobre la cabeza y cuello utilizando un sistema de amortiguación adicional al brindado por el casco integral, reduciendo la fuerza de reacción producto de un impacto ante un accidente.

**Palabras clave:** Casco, Motociclista, Accidente, Airbag, Vehículos Lineales Motorizados, protección craneal, protección cervical.

## Abstract

This thesis focuses on the study and improvement of the level of protection provided to the head and neck regions of motorcyclists by integral type helmets.

Due to this problem, the following question arises: Will the damage of a cranial and cervical protection system implementing an airbag in integral helmets for motorcyclists decrease the impact force in an accident?

Therefore, the objective set for the development of the thesis is to design a cranial and cervical protection system with airbag in integral helmets for motorcyclists. This system operates in conjunction with the helmet to reduce impact on the head and cervical vertebrae regions during traffic accidents.

After a selection of components for a system coupled in the integral helmets, as well as in the motorcycles, we proceeded to validate through a numerical analysis the difference between the force applied on the head and neck using an additional cushioning system to that provided by the integral helmet, reducing the reaction force product of an impact before an accident.

**Keywords:** Helmet, Motorcyclist, Accident, Airbag, Linear Motor Vehicles, cranial protection, cervical protection.

## Introducción

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) [1] aproximadamente 1,2 millones de personas mueren, y otros millones más resultan lesionadas o discapacitadas, debido a los fuertes impactos ocasionados durante los accidentes de tránsito vehicular; constituyendo un importante problema de salud pública en todo el mundo. Sin embargo, de todos los accidentes de tránsito vehicular, en la mayoría de los países de ingresos altos entre 5% y 18% del total de víctimas mortales son motociclistas; y en los países de ingresos bajos y medios, las víctimas mortales de vehículos motorizados de dos ruedas representan entre 60% y 70% del total. Además, las estadísticas reflejan que una de las causas más frecuentes de muerte en motociclistas incide directamente en los daños a la cabeza y las vértebras cervicales, a pesar del uso de elementos de protección como lo es el casco.

En Perú, según el reciente reporte estadístico de la Dirección de Información de Gestión del Perú [2] indica que, desde el año 2000 a la fecha, se han registrado aproximadamente 700 mil accidentes, principalmente por negligencia e imprudencia de los conductores. Asimismo, el Ministerio de Salud del Perú reportó a la OPS, que alrededor de 117,900 personas quedaron incapacitadas de por vida por accidentes de tránsito ocurridos desde 2005 al 2009. Además, el costo de los accidentes representa el 0.17% del Producto Bruto Interno (PBI) alrededor de 150,000 millones de dólares anuales.

Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática [3] en el reporte para el año 2013, registró 59 616 heridos y 3 176 muertos víctimas de accidentes de tránsito fatales. Además, la Asociación Peruana de Empresas de Seguros (APESEG) [4] señala que la frecuencia de accidentes en motocicleta es tres veces mayor que en automóvil, motivo por el cual el costo del Seguro Obligatorio Contra Accidentes de Tránsito (SOAT) para este vehículo menor se incrementa a comparación de los demás vehículos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se encuentra una problemática frente a los accidentes de tránsito de vehículos motorizados de dos ruedas, específicamente el ineficiente nivel de protección ante impactos en la región de la cabeza y cuello en los motociclistas. Por lo tanto, ¿Se mejorará el nivel de protección craneal y cervical de los motociclistas utilizando un sistema de airbag en los cascos integrales?

Para encontrar la solución a la problemática anterior, se planteó el diseño de un sistema tipo airbag adosado al casco del motociclista, específicamente cascos tipo integrales, con la finalidad de mejorar el nivel de protección craneal y cervical ante un impacto debido a los accidentes de tránsito, el cual será accionado mediante un sistema de sensores implementados tanto en la motocicleta como en el casco del usuario. Con esto se busca beneficiar directamente a los motociclistas, reduciendo el riesgo de muerte ante un accidente de tránsito; e indirectamente a los familiares y personas allegadas a los motociclistas, aumentando la confianza en este tipo de transporte. Además, fomentará entre las empresas el interés por buscar mejoras en el nivel de protección de los motociclistas, así como futuras investigaciones con análogas necesidades.

Esta investigación tiene como objetivo general diseñar un sistema de protección craneal y cervical implementando un airbag en cascos integrales para motociclistas. Para lo cual, se plantearon las siguientes etapas, primero se identificó los daños craneales y cervicales ocasionados a los motociclistas en los accidentes de tránsito. Posteriormente se seleccionaron los componentes del sistema de protección craneal y cervical. Con estos componentes se calculó el nivel de protección del sistema mediante análisis numérico. Finalmente, se evaluó el costo beneficio para la implementación del sistema.

## Revisión de literatura

### 1.1. Antecedentes

Según la RACE [5], en España, los traumatismos en accidentes muy graves y mortales más frecuentes son los que afectan a la Cabeza (27% de los casos), seguidos de los que afectan al Tórax (21%), y los que afectan a las Piernas (20%), el resto de los traumatismos se producen en Abdomen, Brazos, Cuello, Columna Vertebral y Pelvis. Por lo tanto, se consideró someter a prueba diferentes sistemas experimentales de protección mediante airbag, para las condiciones de un choque a 50 km/h, analizando el grado de protección, el tiempo de activación e inflado, la resistencia a la fricción y la capacidad de carga puntual. Los sistemas considerados fueron, chaleco de motorista con airbag integrado y protector de espalda, casco con airbag integrado, sistema de protección cervical, y chaleco con protectores. Considerando los siguientes accidentes típicos, cuando el motociclista impacta contra un vehículo y sale despedido por encima de este, cuando el motociclista cae del vehículo e impacta contra el suelo, y cuando el motociclista derrapa lateralmente y luego de un tiempo de deslizamiento impacta contra un obstáculo. Luego de los ensayos, se verificó que los sistemas activan el mecanismo de airbag antes de que el motociclista se separe por completo de la motocicleta, y que todos los airbags se encuentran llenos de aire después del choque, reduciendo la carga sobre la espalda en un 80%, la deformación torácica en casi un 25 %, el ángulo de flexión de la nuca en un 32%; sin embargo la fricción generada entre el airbag y el asfalto representa un grave peligro a que se pierda esta protección, siendo importante considerar materiales robustos para la fabricación. Con esto se demostró que los sistemas de airbag tienen un efecto protector sobre algunas partes del cuerpo, debido que las fuerzas de choque se reducen significativamente gracias a un amortiguamiento elástico.

Debido a los traumatismos craneoencefálicos graves causados al instante en que el cerebro choca con las paredes del cráneo [6]. En Valencia, se realizó el diseño de un casco de motocicleta, el cual fue sometido a fuerzas originadas por el viento y a impactos en caso de accidente. Para lo cual se indagó los diferentes materiales empleados en los cascos comerciales, así como las propiedades mecánicas, y aspectos económicos. Posteriormente se realizaron prototipos utilizando diferentes materiales como fibras de alto impacto como la Aramida (Kevlar) y con una nueva fibra llamada Innegra; así como híbridos de estas fibras de alto impacto con fibras de Carbono. Por último, se realizaron

simulaciones y un estudio económico, siendo el material Fibra Carbono-Kevlar recubierto con resina Epoxi el óptimo.

La situación actual en Venezuela presenta altos riesgos de inseguridad, en las mayorías de los casos lesiones por accidentes y robo de vehículos motorizados de dos ruedas [7]. Para resolver esta problemática se diseñó un prototipo de casco para la prevención de lesiones y seguridad en estos vehículos. Este prototipo consta de un casco integral comercial al cual se le adaptó un sensor capacitivo que permite diferenciar cuando una persona lo está usando, además se integró al sistema del vehículo permitiendo conocer la velocidad de la moto, alertando el uso del casco cuando las velocidades superan los 10 km/h. También, se adicionaron botones que permiten el control de encendido, arranque y apagado de la motocicleta de forma remota. Finalmente, el sistema permite el apagado del vehículo si el casco no se encuentra sincronizado con la motocicleta.

Durante los accidentes de tránsito los motociclistas presentan lesiones de carácter mortal en la zona craneoencefálica y cervical [8]. Para lo cual se desarrolló un prototipo de casco inteligente basado en un casco tipo integral, con el objetivo de disminuir los efectos mortales de los accidentes en motociclistas. Este consta de dos módulos electrónicos, ubicados en el casco y en la motocicleta, y se planteó una secuencia lógica que consiste en detectar el accidente mediante dispositivos electrónicos, activar un sistema de bolsa de aire en forma de collarín para disminuir las probabilidades de lesión de la zona cervical (cuello) y el desarrollo de un sistema de envío de SMS con la ubicación GPS para disminuir el tiempo de respuesta de emergencias. Por último, se evaluará el desempeño del prototipo en función del tiempo de reacción y su capacidad de respuesta ante la simulación de un accidente de tránsito.

## 1.2. Bases teóricas

### 1.2.1. Accidente

Para [9], los accidentes son todos aquellos sucesos no esperados ni deseados que dan lugar a pérdidas o daños a objetos personales (motocicletas, automóviles, equipos electrónicos) o las personas (lesiones, defunción).

### 1.2.2. Accidente de tránsito

Según [10], los accidentes de tránsito son todos aquellos sucesos no esperados ni deseados ocurridos en una vía pública, en los que se encuentran involucrados uno o más vehículos que circulan por ella, donde también se pueden ver afectados los peatones, vehículos estacionados u otros elementos.

### 1.2.3. Tipos de accidentes de tránsito de Motocicletas

Según [11], los accidentes con motocicletas pueden presentarse con dos tipos de impacto.

#### A. Impacto Frontal

La colisión frontal hace parar la motocicleta con un objeto (Figura 7). Desde el centro de gravedad de la bicicleta, que está por debajo y detrás del eje delantero, se produce un momento al impacto de la moto, haciendo que se incline hacia delante y lanza al piloto contra el manillar. Esto puede dar lugar a lesiones en el cráneo, el pecho, el abdomen, la pelvis o el fémur, entre otras lesiones, dependiendo únicamente de la parte anatómica afectada. [11]

Figura 1. Impacto frontal (posible fractura bilateral de fémur)



Fuente: Valente, Catarino y Ribeiro (2012), "Manual de Trauma a Emergencias TAS (INEM)".

## B. Impacto Angular

En esta situación, la colisión entre el objeto y la motocicleta es en un cierto ángulo. Esto produce que el motociclista sea aplastado entre la moto y el objeto (Figura 7). Siendo los extremos superior e inferior en donde se dan las lesiones comunes, terminando inclusive en fracturas, pudiendo extenderse a lesiones en tejidos blandos. También pueden ocurrir lesiones en los órganos abdominales como resultado de la transferencia de energía. [11]

Figura 2. Impacto angular



Fuente: Valente, Catarino y Ribeiro (2012), "Manual de Trauma a Emergencias TAS (INEM)".

### 1.2.4. Casco



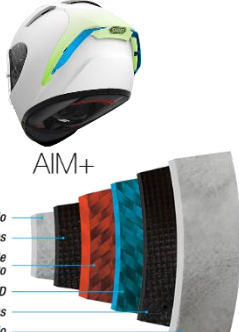


#### A. Definición

El casco es descrito en [7] como el principal elemento de seguridad para los conductores de motocicletas. El material del casco debe absorber correctamente cualquier impacto, y cuanto más ligero sea, más cómodo resultará su uso.

#### B. Tipos de Cascos

Según [6], los cascos se clasifican según el material y su forma. En la Tabla 1, se resumen las características de los cascos según su material.

Tabla 1. Tipos de cascos según el material

TIPOS DE CASCOS SEGÚN EL MATERIAL		
Tipos de Cascos	Descripción	Figura
<b>Casco inyectado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación de termoplásticos (policarbonato) por capas y se le añade un barnizado para protegerlo de los rayos ultravioleta.</li> <li>- Precio más económico.</li> </ul>	
<b>Casco con revestimiento interior de espuma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación por capas, la exterior compuesta por una capa polimérica con un forro interior de poliestireno y la interior con canales por los que circula el sistema de ventilación.</li> <li>- Precios regulares.</li> </ul>	
<b>Cascos de fibras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación manual con fibras de vidrio, Kevla, carbono e Innegra.</li> <li>- Tamaño a medida del usuario.</li> <li>- Mayor ligereza y comodidad para el usuario.</li> <li>- Precio elevado.</li> </ul>	 <p>AIM+</p> <p>Fibra de vidrio Fibras Especiales Fibras Orgánicas de alto rendimiento Fibras Orgánicas 3D Fibras Orgánicas Fibra de vidrio</p>
<b>Cascos de fibra de carbono</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación de fibra de carbono puro.</li> <li>- Alto grado de tenacidad y ligereza.</li> <li>- Material no resiste muy bien al impacto.</li> <li>- Precio más elevado.</li> </ul>	
<b>Casco Schubert</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación de láminas de fibra de carbono, combinado con Kevlar, aluminio, titanio y Zylon.</li> <li>- Resistencia mecánica insuperable, soporta peso de 55 toneladas.</li> <li>- Resistencia térmica con relación exterior e interior de 800°C/70°C.</li> <li>- Precio muy elevado.</li> </ul>	

Fuente 1: Sanjuan Revert, Arnau (2019), "Diseño, desarrollo y optimización de un casco deportivo ligero mediante el empleo de nuevas fibras de alto rendimiento a impacto".






Fuente 2: <http://bit.ly/2L9r9IB>, figura del casco inyectado.

Fuente 3: <http://bit.ly/3bsd4H>, figuras del casco de fibras.

Edición: Elaboración propia.

En la Tabla 2, se resumen las características de los casos según su forma.

Tabla 2. Tipos de cascos según su forma

TIPOS DE CASCOS SEGÚN SU FORMA		
Tipos de Cascos	Descripción	Figura
<b>Cascos jet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñado para ofrecer mayor frescura.</li> <li>- Cubre parte de la cabeza, excepto la zona de la mandíbula.</li> </ul>	
<b>Cascos abatibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñado para convertirse en tipo jet e integral.</li> <li>- Cubre toda la cabeza.</li> <li>- Excesivamente pesado.</li> </ul>	
<b>Cascos classic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñado para zonas calurosas.</li> <li>- Cubre parte de la cabeza, excepto el rostro, nuca.</li> <li>- No lleva visera.</li> </ul>	
<b>Cascos triales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñado para competiciones en terrenos montañosos.</li> <li>- No cubre la mandíbula.</li> </ul>	
<b>Cascos integrales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñados en una sola pieza.</li> <li>- Cubre toda la cabeza.</li> <li>- Ofrece la mayor seguridad respecto a otros cascos.</li> </ul>	

Fuente: Sanjuan Revert, Arnau (2019), "Diseño, desarrollo y optimización de un casco deportivo ligero mediante el empleo de nuevas fibras de alto rendimiento a impacto".

Edición: Elaboración propia.

### 1.2.5. Airbag

Es un dispositivo de seguridad pasiva que tiene como finalidad evitar o reducir las lesiones del conductor y posibles acompañantes luego de un accidente de tránsito. Está conformado por una bolsa que se infla automáticamente gracias a un sistema de llenado (en la mayoría de los casos con un generador de gas), produciendo una barrera de protección entre el siniestrado y las estructuras del vehículo. Entre sus características se observa que no puede activarse por una maniobra brusca (accionamiento del freno intempestivo) debido que en esta acción se produce una deceleración inferior a la de una colisión.

### 1.2.6. Elementos de accionamiento

Para realizar una acción en un sistema es necesario el uso de varios elementos, los cuales son pasivos y activos, así como de un elemento de control, por lo tanto, el accionamiento se compone por:

#### A. Sensores

Son dispositivos capaces de generar una señal en respuesta a su detección o medida de una propiedad física o química como posición, fuerza, torque, presión, temperatura, humedad, velocidad, aceleración o vibración. Estos se usan paralelamente con los actuadores y los interruptores para comandar el funcionamiento de las máquinas. Se pueden clasificar en sensores mecánicos, eléctricos, magnéticos, térmicos, entre otros.

#### B. Actuadores

Dispositivos usados en un sistema de control para modificar el estado de equipos, instalaciones, u objetos. Según el tipo de energía que emplean para efectuar su movimiento pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos, e hidráulicos.

#### C. Controladores

Estos dispositivos están conformados por circuitos integrados que poseen un diseño y una estructura direccionada para ejecutar órdenes o instrucciones lógicas previamente escritas en un lenguaje ensamblador, siendo estas guardadas en su memoria mediante un dispositivo (hardware) denominado programador y que tienen como finalidad de cumplir funciones puntuales.

### 1.2.7. Choque

Un choque o colisión es una repentina aceleración o desaceleración de un cuerpo causada normalmente por un impacto, en la cual se genera una fuerza (F) (Fórmula A) que se traduce en energía cinética (K) (Fórmula B) siendo esta la energía que se produce debido al movimiento. [12]

- ✓ **Fórmula A.** Segunda Ley de Newton.

Fuerza = masa \* aceleración

$$F = m * a$$

- ✓ **Fórmula B.** Energía Cinética.

Energía Cinética =  $\frac{1}{2}$  (masa \* velocidad<sup>2</sup>)

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

Del mismo modo, [12] explica que existen dos tipos de colisiones:

### A. Choque elástico

Un choque o colisión elásticos es aquella en la que se conserva la energía cinética total. Es decir que la energía de los cuerpos después de la colisión es la misma que la energía cinética total antes de la colisión (Fórmula C). [12]

- ✓ **Fórmula C.** Condición para un choque elástico.

$K_{\text{total después}} = K_{\text{total antes}}$

$$K_f = K_i$$

### B. Choque inelástico

En un choque inelástico no se conserva la energía cinética total, es decir, que en el momento en el que uno o más objetos impactan los cuerpos tienden a deformarse permanentemente por lo que implica que se ha realizado un trabajo y se ha perdido parte de la energía cinética (Fórmula D). [12]

- ✓ **Fórmula D.** Condición para un choque inelástico.

$K_{\text{total después}} < K_{\text{total antes}}$

$$K_f < K_i$$

## Materiales y métodos

### 1.3. Tipo y nivel de investigación

La investigación realizada es de tipo aplicada. Así mismo se seguirá el diseño cuasiexperimental, debido a que se fijó como meta la recolección de datos de variables para realizar el diseño.

Área de Investigación : Diseño en Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Línea de Investigación : Diseño y Fabricación de Productos

### 1.4. Diseño de investigación

Se utilizará el análisis estadístico de datos y el modelo lógico-experimental, con la finalidad de obtener y analizar datos, clasificarlos, evaluarlos, utilizando los antecedentes y la recolección de información; y finalmente obtener las respectivas deducciones.

### 1.5. Población y muestra

Este dispositivo por ahora estará dirigido solo a personas adultas, que utilicen cascos de tipo integral para vehículos lineales motorizados que se transporten en aceras y terrenos asfaltados, con el fin de garantizar la protección a nivel craneal y cervical.

Por lo tanto, se delimitó los alcances de la presente investigación en la Tabla 3.

Tabla 3. Población y muestra del estudio

POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	
Población	Muestra
Motociclistas de vehículos lineales motorizados.	Motociclistas adultos que utilicen cascos de tipo integral para vehículos lineales motorizados y que se transporten en aceras y terrenos asfaltados en Perú.

### 1.6. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
<b>Variabes independientes:</b> Airbags en cascos integrales para motociclistas.	Diseño de un sistema de airbags en cascos integrales para motociclistas.	El diseño de un sistema de airbags en cascos integrales para motociclistas permitirá aumentar el nivel de protección.	Diseño.	Recolección de parámetros mediante una tabla de datos.	<i>Elementos/Unidad</i>
			Eficiencia.		<i>ΔImpacto/área</i>
			Fabricación.		<i>Unidad/tiempo</i>
			Comercialización.		<i>S./Unidad</i>
<b>Variable dependiente:</b> Sistema de protección craneal y cervical.	Sistema que mitiga los daños en la zona craneal y cervical.	A menor impacto mayor nivel de protección craneal y cervical.	Protección craneal y cervical.	Análisis numérico del impacto sobre el diseño de protección craneal y cervical	<i>Escala de intervalo ISO 13232-6</i> <b>Impacto &gt; 400 N</b> Excede la fuerza de desacelero de la motocicleta <b>Impacto &lt; 400 N</b> Reduce la fuerza de desacelero de la motocicleta

$\frac{\text{Elementos}}{\text{Unidad}}$ : Cantidad de elementos empleados por unidad

$\frac{\Delta\text{Impacto}}{\text{área}}$ : Variación de la fuerza de impacto por área aplicada

$\frac{\text{Unidad}}{\text{tiempo}}$ : Unidad producida por cantidad de tiempo empleado

$\frac{S/}{\text{Unidad}}$ : Inversión por unidad fabricada

### **1.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La fuente para la recolección de datos serán las personas adultas, que utilicen cascos de tipo integral para vehículos lineales motorizados que se transporten en aceras y terrenos asfaltados. Los mismos que serán entrevistados a través de un cuestionario. Además, se utilizarán especificaciones técnicas y datos constructivos de cascos de tipo integral para vehículos lineales motorizados.

### **1.8. Procedimientos**

Esta investigación tiene como objetivo general diseñar un sistema de protección craneal y cervical implementando un airbag en cascos integrales para motociclistas. El procedimiento planteado para lograr este objetivo fue el siguiente:

#### **1.8.1. Recolección de datos correspondientes a los daños craneales y cervicales ocasionados a los motociclistas en los accidentes de tránsito.**

- Análisis de los datos del patrón de las lesiones de motociclistas causadas por accidentes de tránsito en el Perú.
- Análisis de los datos de los accidentes de tránsito ocurridos en el Perú.

#### **1.8.2. Selección de los componentes del sistema de protección craneal y cervical**

- Diagrama de flujos del sistema.
- Características del sistema.
- Selección de los dispositivos del sistema.

#### **1.8.3. Cálculo del nivel de protección del sistema mediante análisis numérico**

- Definición de parámetros del accidente según la norma internacional ISO 13232.
- Se determinó la eficiencia mecánica del sistema propuesto mediante análisis matemático utilizando MATLAB, comparando los resultados con y sin el sistema sobre el casco.
- Elaboración de planos constructivos de los componentes mediante SolidWorks.

#### **1.8.4. Evaluación del costo para la implementación del sistema**

- Se calculó el costo que supone la implementación del sistema diseñado.

### **1.9. Plan de procesamiento y análisis de datos**

Se aplicará un cuestionario a cada uno de los motociclistas seleccionados en la muestra, obteniendo sus opiniones acerca de las reacciones y consecuencias de siniestros producidos durante accidentes de tránsito en función de ¿Qué pasaría si...? existiera un sistema de protección craneal y cervical implementando un airbag en cascos integrales para motociclistas. Luego se procederá a evaluar las variables y en base a estos datos diseñar el sistema de protección que mitigue los daños craneales y cervicales en motociclistas durante los accidentes de tránsito, validado mediante un análisis matemático, y una evaluación costo beneficio.

## 1.10. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>¿Se mejorará el nivel de protección craneal y cervical de los motociclistas utilizando un sistema de airbag en los cascos integrales?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Diseñar un sistema de protección craneal y cervical implementando un airbag en cascos integrales para motociclistas.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los daños craneales y cervicales ocasionados a los motociclistas en los accidentes de tránsito.</li> <li>• Seleccionar los componentes del sistema de protección craneal y cervical.</li> <li>• Calcular el nivel de protección del sistema mediante análisis numérico.</li> <li>• Evaluar el costo beneficio para la implementación del sistema.</li> </ul>	<p>Esta investigación se fundamenta en las siguientes bases teóricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente</li> <li>• Accidente de tránsito</li> <li>• Tipos de accidentes de tránsito en motocicletas</li> <li>• Casco</li> <li>• Airbag</li> <li>• Elementos de accionamiento</li> <li>• Choque</li> </ul>	<p><b>Independientes:</b> Airbags en cascos integrales para motociclistas.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño</li> <li>• Eficiencia</li> <li>• Fabricación</li> <li>• Comercialización</li> </ul> <p><b>Dependientes:</b> Sistema de protección craneal y cervical.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis numérico del impacto sobre el diseño de protección craneal y cervical.</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Diseño:</b> Cuasiexperimental</p> <p><b>Población:</b> Motociclistas de vehículos lineales motorizados.</p> <p><b>Muestra:</b> Motociclistas adultos que utilicen cascos de tipo integral para vehículos lineales motorizados y que se transporten en aceras y terrenos asfaltados en Perú.</p> <p><b>Técnicas:</b> Entrevista</p> <p><b>Instrumento:</b> Cuestionario, Análisis numérico.</p>

### **1.11. Consideraciones éticas**

Debido a la dimensión de la investigación, esto es, un diseño teórico de un componente de protección, el cual no será puesto a prueba en situaciones reales, no se plantean cuestiones éticas. Sin embargo, dado que la finalidad de la investigación es la protección de las personas, se consideró un análisis exhaustivo de las bases de datos para obtener parámetros reales.

## Resultados y discusión

### 2.1. Identificación de los daños craneales y cervicales ocasionados a los motociclistas en los accidentes de tránsito

De acuerdo con las últimas publicaciones realizadas por INEI y otras entidades, como la Dirección General de Epidemiología, se analizó la información para determinar las necesidades principales que se requiere cubrir con un sistema de protección, así como la situación actual obtenida por la muestra.

#### 2.1.1. Patrón de las lesiones de motociclistas causadas por accidentes de tránsito en el Perú para el año 2021

Según [13], el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades; en cumplimiento de la función que le compete, ha elaborado el análisis de la “Sala de lesiones por accidentes de tránsito, 2021”. Resumiendo, el panorama general de las lesiones causadas por accidentes de tránsito en usuarios de motocicletas, según el diagnóstico CIE 10 (Clasificación Internacional de Enfermedades, décima edición), ocurridos en el Perú hasta el 2021 (Tabla 4).

Tabla 4. Lesiones por accidentes de tránsito en usuarios de motocicletas, según diagnóstico CIE 10, Perú 2021

CIE 10	Lesiones en accidentes de motocicleta	%
S00-S09	Trauma en cabeza	26,3
S20	Trauma de tórax	2,0
S40-S69	Trauma en miembros superiores	3,1
S70-S99	Trauma en miembros inferiores	10,1
T00-T07	Lesiones múltiples	52,8
T08-T14	Lesiones no clasificadas en cuello, cabeza y otras partes	5,7

Fuente: Sala de lesiones por accidentes de tránsito, 2021.

#### 2.1.2. Análisis de los accidentes de tránsito ocurridos en el Perú para el año 2019

Debido a los acontecimientos ocurridos desde el 2020 relacionados a la pandemia del COVID-19, se considera a los años 2020 y 2021 como atípicos para los análisis estadísticos de datos. Por lo tanto, según los datos presentados por el INEI en [14] las características de los accidentes de tránsito acontecidos en el año 2019 se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de datos relacionados al promedio víctimas de accidentes de tránsito en Perú - 2019.

Descripción	Unidad de Medida	Total
Cantidad total de accidentes de tránsito registrados	Unidad	57 741.00
Víctimas de accidentes de tránsito no fatales	%	96.20
Víctimas de accidentes de tránsito fatales	%	3.80
Cantidad total de Vehículos menores involucrados en accidentes de tránsito	Unidad	5 427.00
Tipo de vehículo menor involucrado en accidentes de tránsito: Moto Lineal	%	57.30
Tipo de vehículo menor involucrado en accidentes de tránsito: Otros	%	42.70
Cantidad total de personas involucradas en accidentes de tránsito	Unidad	57 741.00
Edad de las personas involucradas más frecuente: Entre 18 y 29 años	%	73.40
Edad de las personas involucradas más frecuente: Otros años	%	26.60

Fuente: INEI (2019), "Datos relacionados al promedio de víctimas de accidente de tránsito en Perú, 2019".

Edición: Elaboración Propia.

Según la tabla anterior, se infiere que por cada 100 accidentados 4 fallecieron, además, de cada 100 vehículos automotores involucrados en siniestros 57 fueron tipo moto lineal y, por último, de 100 personas accidentadas 73 están en el rango de edades entre 18 y 29 años. Por lo tanto, encontramos un público objetivo de motociclistas entre los 18 y 29 años quienes requieren cubrir la necesidad de una mayor protección en las regiones de la cabeza y el cuello durante los accidentes de tránsito con la finalidad de evitar ser víctimas fatales durante los accidentes de tránsito.

### 2.1.3. Necesidad actual de los motociclistas con respecto a la protección

En la Tabla 6, se resumen lo indicaciones que arrojó la encuesta realizada al comité de motociclistas de Lambayeque.

Tabla 6. Datos relacionados a la seguridad que requiere un motociclista promedio Lambayeque en el 2021

Descripción	Unidad de Medida	Subtotal
<b>Motociclistas encuestados</b>	<b>Unidad</b>	<b>100</b>
Tipo de casco que utiliza: Casco Integral	%	92
Preferencia por adaptar al casco integral un complemento de seguridad contra lesiones debido a impactos en la cabeza y lesiones cervicales.	%	83

Fuente: Elaboración Propia.

Según muestra la Tabla 6, se resume que el 92% de motociclistas utilizan el casco de tipo integral, siendo el tipo de casco más usado; además, se identificó que el 83% de los motociclistas de la región Lambayeque prefieren adquirir un complemento capaz de acoplarse al casco que brinde mayor seguridad contra lesiones debido a impactos en la cabeza y lesiones cervicales. Por lo tanto, se procedió a seleccionar los componentes del sistema con base de acople en cascos integrales.

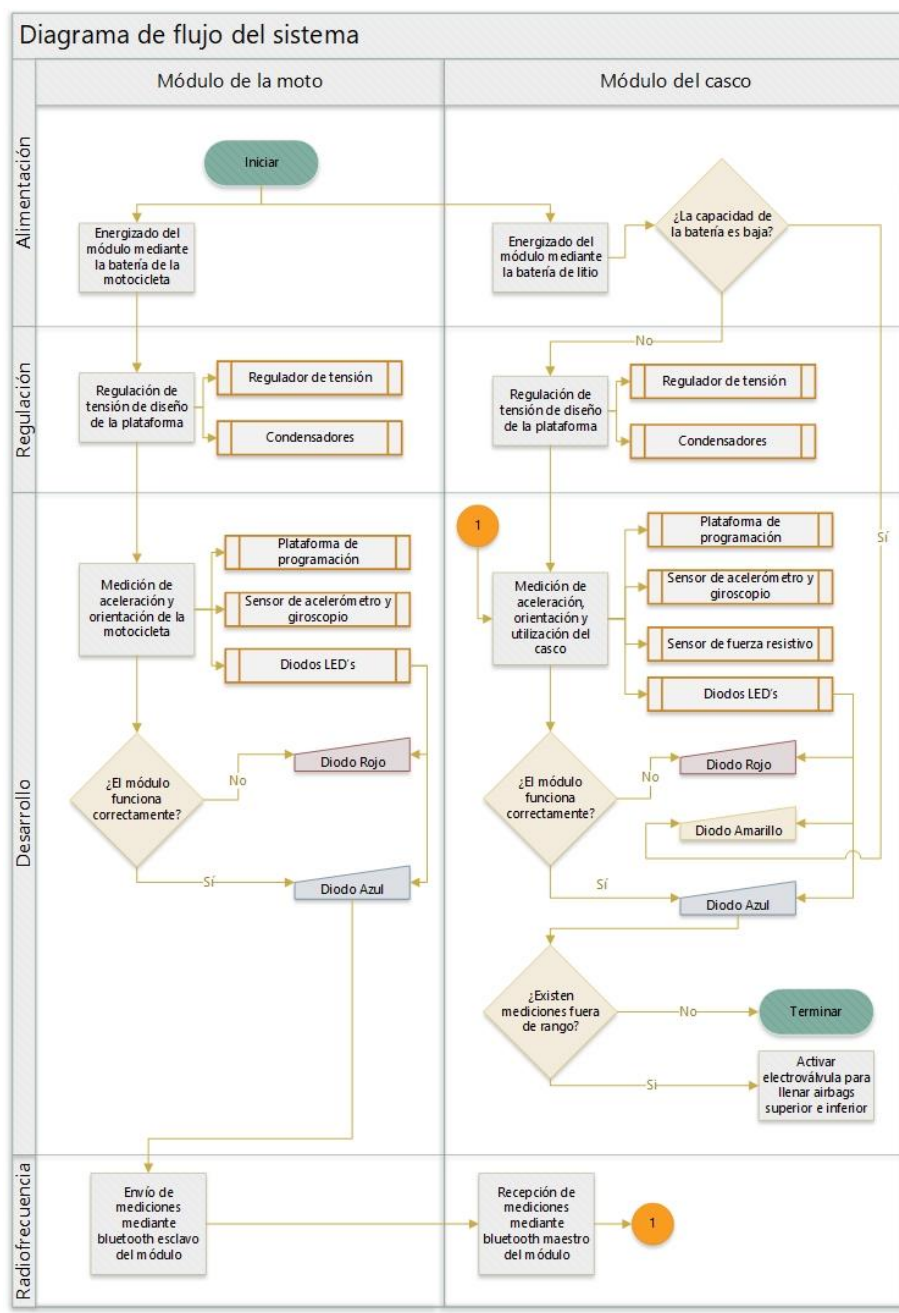
## 2.2. Selección de los componentes del sistema de protección craneal y cervical

Para la selección de los componentes del sistema para la protección de las regiones craneal y cervical se consideró el estudio realizado en campo sobre la necesidad de los motociclistas.

### 2.2.1. Diagrama de flujo del sistema

El siguiente diagrama de flujos muestra los elementos, la distribución por módulos y el funcionamiento del sistema de protección propuesto.

Figura 3. Diagrama de flujo del sistema



Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.2. Características del sistema

Este sistema de protección consta de dos módulos. El primer módulo, se denominó “Módulo de la Motocicleta”, alimentado por la batería de la motocicleta; y el segundo, como “Módulo del Casco”, acoplado en el casco del motociclista y con alimentación autónoma.

#### A. Módulo de la motocicleta

Este módulo tiene como finalidad detectar los accidentes de tránsito mediante sensores, trabajando en paralelo al “Módulo del Casco”, con la finalidad que ambos sistemas no se activen por otras ocurrencias como lo son los cambios de velocidad por frenado.

Los procesos de este módulo son:

- Alimentación.
- Regulación.
- Desarrollo: Sensor de Giroscopio y Acelerómetro.
- Radiofrecuencia.

#### B. Módulo del casco

Este módulo, al igual que el anterior, detecta los accidentes mediante sensores, y también se comunica con el “Módulo de la motocicleta”. Adicionalmente, en este módulo se encuentran los dispositivos que conforman el sistema de activación de los airbags.

Los procesos de este módulo son:

- Alimentación.
- Regulación.
- Desarrollo: Sensor de giroscopio y acelerómetro. Llenado de los airbags superior (cabeza) e inferior (cuello)
- Radiofrecuencia.

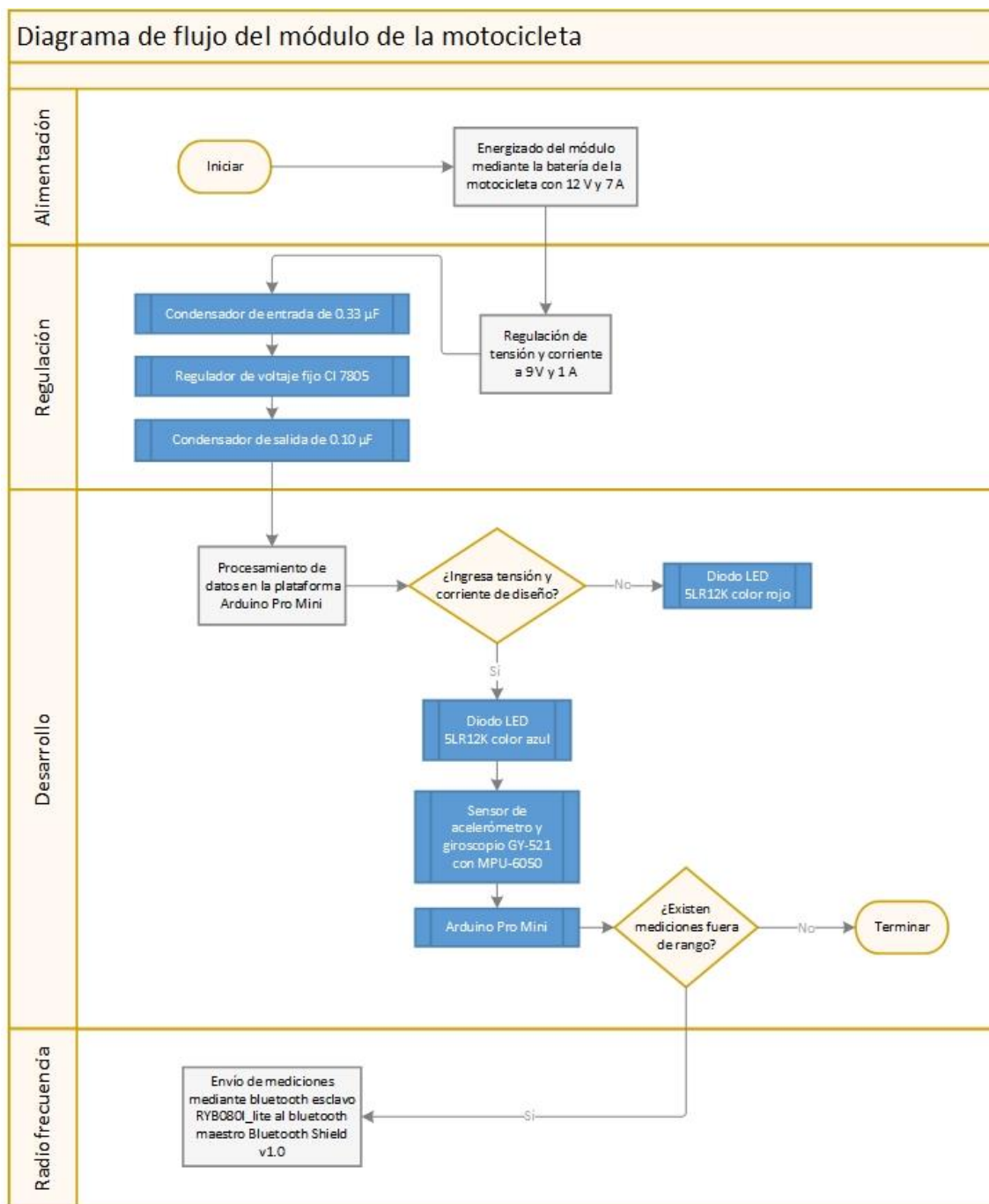
### 2.2.3. Selección de los dispositivos del sistema

Una vez establecidas las características del sistema, se realizó la selección y descripción de los dispositivos para ambos módulos, los cuales conformarán el sistema.

#### A. Módulo de la motocicleta

Se muestra un esquema general de los componentes de este módulo:

Figura 4. Diagrama de flujo del módulo de la motocicleta



Fuente: Elaboración Propia.

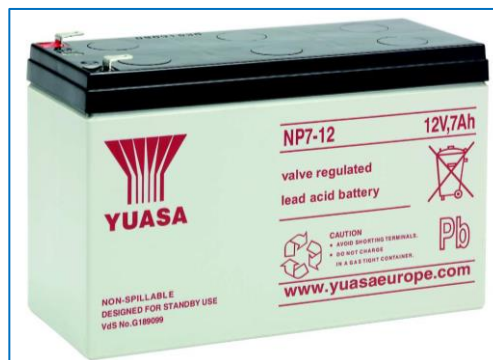
## A.1. Alimentación

Para la alimentación del “Módulo de la Motocicleta” se decidió utilizar una batería estándar de Plomo-Ácido VRLA, modelo NP7-12, marca YUASA de 12 voltios y 7 amperios (Figura 5).

### A.1.1. Criterios de Selección

- Actualmente, en las motocicletas, estas baterías vienen con sistemas de desconexión de energía para reducir la posibilidad de ignición del combustible por algún cortocircuito.
- No existe la necesidad de incorporar otra batería a la motocicleta, ya que, el consumo de energía de este módulo es bajo.
- Su aplicación en las motocicletas se debe al reducido espacio requerido para su instalación, y por ser liviana es fácil de acoplar.

Figura 5. Batería de Plomo-Ácido VRLA, Modelo NP7-12, Marca YUASA



Fuente: <http://www.electronicaembajadores.com/>

## A.2. Regulación

Respecto a la regulación de la tensión y corriente de entrada, se seleccionó un regulador de voltaje fijo de 9 V y 1 A de corriente, el cual utilizará, entre otros elementos según Tabla 7, un circuito integrado regulador de tensión CI7809 con una tolerancia de salida del 4%, tal y como lo describen en [15].

### A.2.1. Criterios de Selección

- Costos por unidad del CI relativamente bajos, aproximadamente \$ 2,00 USD.
- Para este tipo de proyectos electrónicos, brinda mayor estabilidad y pureza en la corriente.
- Este sistema es el más común debido a su función.

Tabla 7. Elementos de la regulación de voltaje y corriente de entrada del módulo de la motocicleta.

<b>Regulación de voltaje y corriente de entrada del módulo de la motocicleta</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Unidad de Medida</b>
CI 7805	Entrada máxima	23,00	V
	Salida máxima	9,00 1,50	V A
Condensador de entrada	Capacidad Nominal	0,33	$\mu F$
Condensador de salida	Capacidad Nominal	0,10	$\mu F$

Fuente: Elaboración Propia.

### A.3. Desarrollo

#### A.3.1. Plataforma

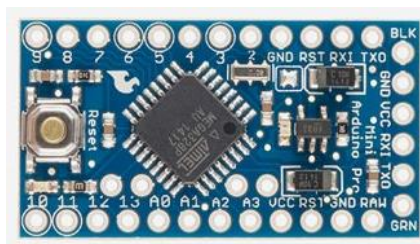
Para el desarrollo de la plataforma del módulo de la motocicleta se empleó una placa Arduino Pro Mini (Figura 6) que, según [16], es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega32u4. Cuenta con 20 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 7 se pueden utilizar como salidas PWM y 12 entradas analógicas), como un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, una cabecera ICSP (Programación serial del circuito), y un botón de reinicio.

Esta placa permite el procesamiento de los datos transmitidos mediante una conexión adicional de Bluetooth, obtenidos por los sensores que se encuentran en el módulo de la moto, para posteriormente enviar estos datos a la plataforma del módulo del casco, para activar los airbags de ser necesario. Entre sus características físicas, se encuentra que la longitud y la anchura es de: 4,8 cm x 1,77 cm, respectivamente.

#### Criterios de Selección

- El Arduino Micro tiene incorporado conexión micro USB, eliminando la necesidad de un procesador secundario y brindando facilidades para su programación en un ordenador.
- Tiene un factor de forma que le permite ser fácilmente colocado en una placa y/o baquelita.

Figura 6. Arduino Pro Mini



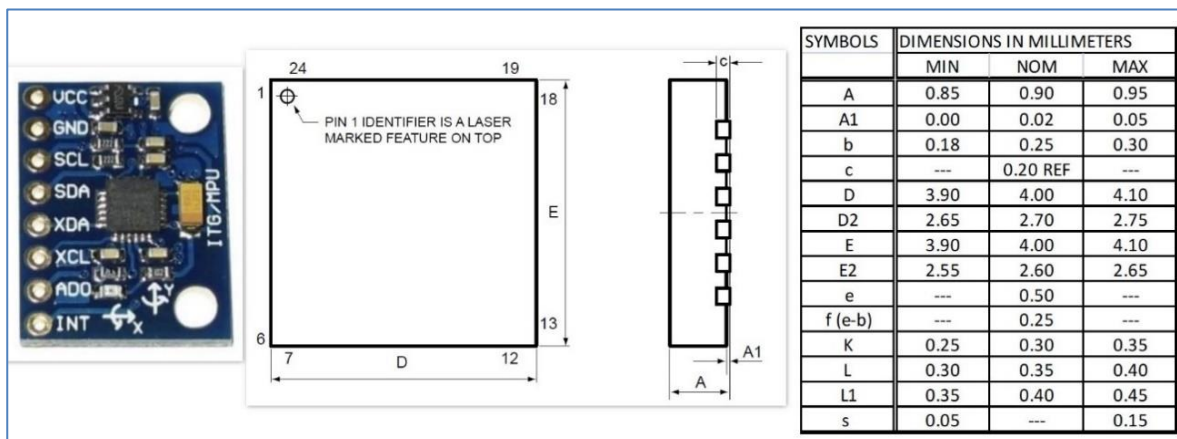
Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>

### A.3.2. Sensor de acelerómetro y giroscopio

Se decidió utilizar el sensor GY-521 con MPU-6050 (Figura 7), por su reducido tamaño de 4.10 x 4.10 x 0.95 mm según [17] . Este dispositivo permite la detección de la aceleración angular y de la Fuerza G que se le aplica a un objeto en los tres ejes de coordenadas.

El mismo contiene la posibilidad de medir rangos de  $\pm 2$ ,  $\pm 4$ ,  $\pm 8$ , y  $\pm 16$  G. La relación entre estos dos factores será necesaria para determinar cuándo el motociclista ha sufrido un accidente de tránsito, y en consecuencia se activarán los mecanismos de seguridad diseñados.

Figura 7. Sensor GY-521 con MPU-6050



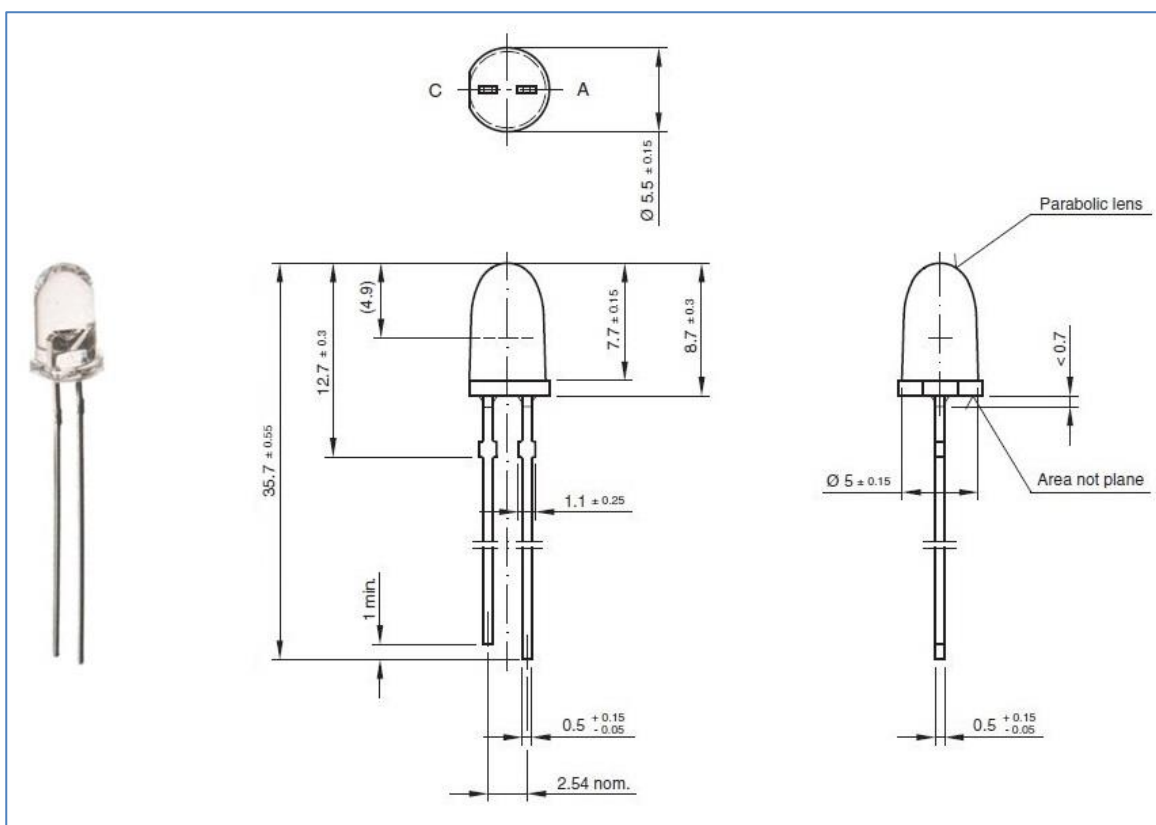
Fuente: ColdFire Electronica (2015), "Acelerómetro / Giroscopio 6-DOF IMU GY-521 MPU-6050"

Edición: Elaboración propia.

#### A.4. Diodos Leds

Se seleccionaron dos diodos LED modelo 5LR12K de color azul y rojo de  $5.5 \text{ } \varnothing$  x  $35.7 \pm 0.55 \text{ mm}$  descrito en [17]. El de color azul se indicará que el módulo se encuentra encendido y registrado valores correctamente, por el contrario, en caso de falla se encenderá el diodo rojo. Cuentan con características de luminosidad máxima de 12,000.00 mcd superior a otras en el mercado, lo cual facilita la supervisión del usuario, un bajo consumo de 20 mA con una tensión directa de trabajo de 3.5 Vdc.

Figura 8. Diodo LED 5LR12K



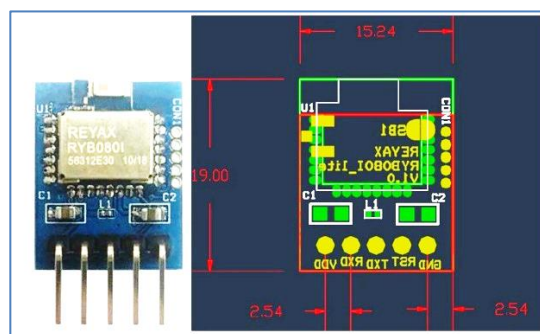
Fuente: Vishay Intertechnology, Inc. (2016), "Vishay Semiconductors TLDR5800"

Edición: Elaboración Propia

### A.5. Radiofrecuencia

Con respecto a la selección del dispositivo radiofrecuencia se decidió emplear el RYB080I\_lite (Figura 9). Según [18], permite un rango de comunicación de 10 m, siendo ésta suficiente para garantizar una interacción correcta entre el “Módulo de la Motocicleta” y el “Módulo del Casco”, con el valor agregado de un menor consumo de  $0,6 \mu\text{A} \sim 1,5 \text{ mA}$  y menor tamaño, con dimensiones de  $19 \times 15,24 \times 3,2 \text{ mm}$ , frente a otras opciones del mercado actual.

Figura 9. Dimensiones del bluetooth RYB080I\_lite en milímetros



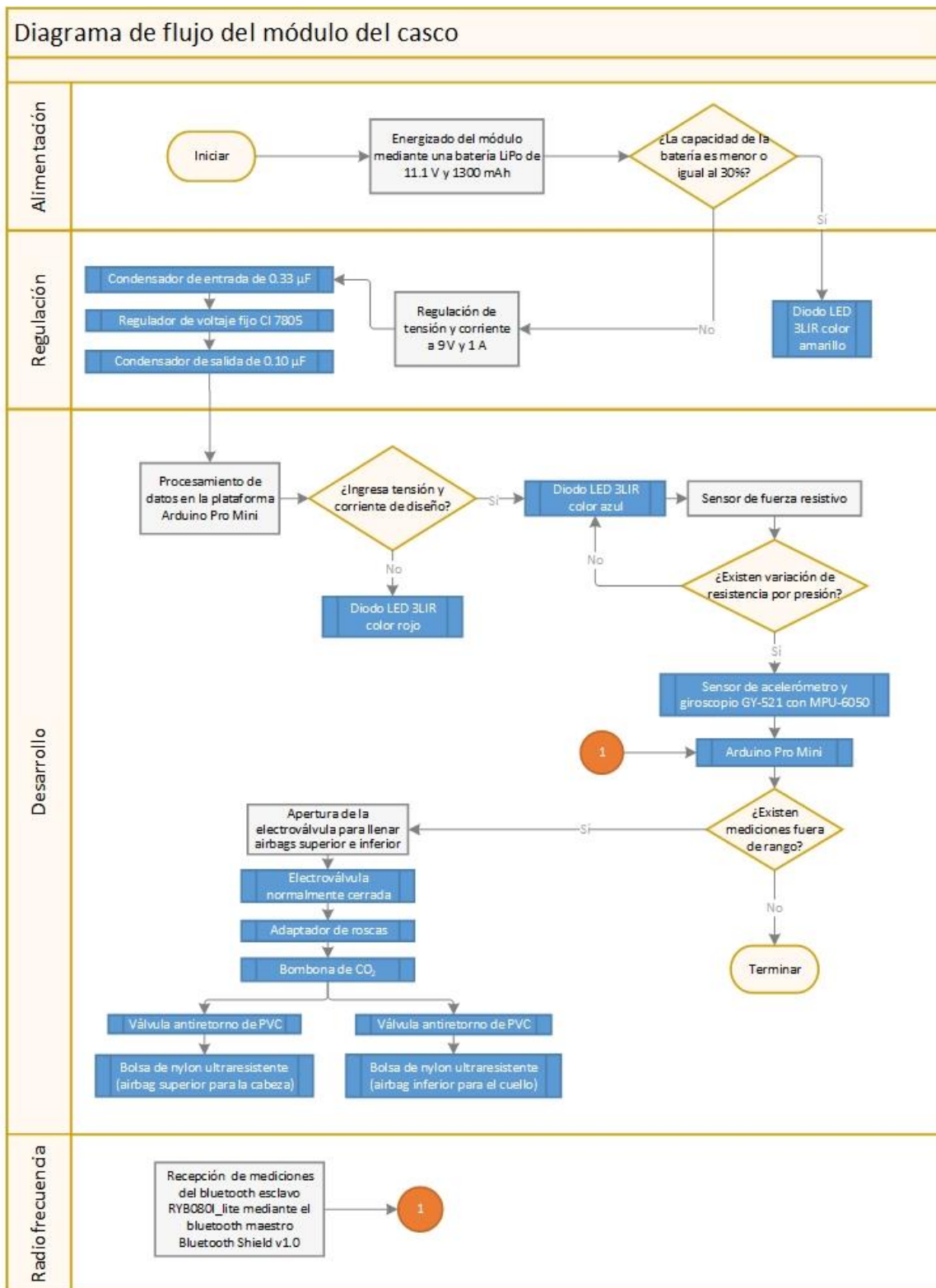
Fuente: REYAX TECHNOLOGY CO., LTD. (2019), “Hoja de datos de RYB080I\_lite”.

Edición: Elaboración propia

**B. Módulo de casco**

Se muestra un esquema general de los componentes de este módulo:

Figura 10. Esquema del módulo del Casco.



Fuente: Elaboración Propia

### A.1. Alimentación

Para la alimentación del módulo del casco se empleó una batería polímero de litio LiPo de la marca YKS de 7.4 V y una capacidad de 1500 mA (Figura 11).

Los criterios de selección fueron:

- Aprovechamiento de relación capacidad y volumen, con dimensiones de 71 x 35 x 16 mm.
- Peso ligero de 106 g.
- Duración de la batería de 21 horas, utilizando la fórmula descrita en [19] y según tabla de consumo del circuito del módulo del casco.

$$\text{Duración de la batería} = \frac{\text{Capacidad de la batería [mAh]}}{\text{Consumo del circuito [mA]}}$$

$$\text{Duración de la batería} = \frac{1500 \text{ mAh}}{50 \text{ mA}}$$

$$\text{Duración de la batería} = 21 \text{ h}$$

Figura 11. Batería LiPo YKS 7.4 V y 1500 mA



Fuente: <http://bit.ly/3qpLgLw>

### B.2. Regulación

Se utilizarán los mismos componentes del “Módulo de la Motocicleta”

### B.3. Desarrollo

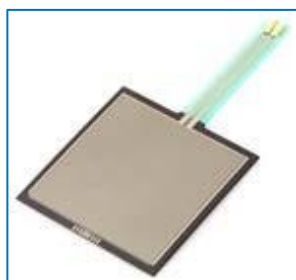
#### B.3.1. Plataforma

Con respecto a la plataforma para la programación del casco, se empleó la placa Arduino Pro Micro (Figura 6), debido a la ventaja de su pequeño tamaño.

### B.3.2. Sensor de fuerza resistivo

Con la finalidad de que el sistema no se active cuando el usuario no lo esté utilizando, se decidió emplear un sensor fuerza resistivo (SFR) (Figura 61). Este varía su resistencia según la presión que se le ejerce. Su estructura como una lámina en forma de cuadrado brinda la posibilidad de colocar este elemento dentro del casco sin que represente un elemento peligroso o invasivo.

Figura 12 Sensor de fuerza resistivo



Fuente: Peñaloza A., Jesús D. (2014), "Desarrollo de un prototipo de Casco Inteligente que disminuya los riesgos asociados de los motociclistas en los accidentes de tránsito".

### B.3.3. Diodos LED

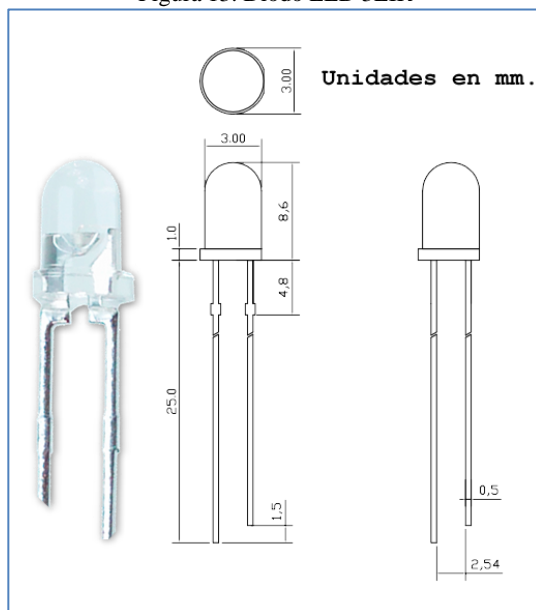
#### i. Diodo de encendido normal

Se seleccionó el diodo LED modelo 3LIR de color azul de 3.00 Ø x 33.60 mm descrito en [20], el cual se utilizará para corroborar que el sistema se encuentre encendido y registrado valores correctamente y un diodo LED con las mismas características, de color amarillo, que se encenderá cuando la carga almacenada no supere el 30% de su carga total. Estos Leds cuentan con 20,000 horas de vida útil, lente opaca, un bajo consumo de 20 mA.

#### ii. Diodo de falla

Se seleccionó el diodo LED modelo 3LIR de color rojo de 3.00 Ø x 33.60 mm descrito en [20], el cual se encenderá para indicar que el sistema no recibe mediciones de la plataforma del módulo de casco. Cuenta con características de 20,000 horas de vida útil, lente opaca, un bajo consumo de 20 mA.

Figura 13. Diodo LED 3LIR



Fuente: <https://www.compics.es/led-s-3mm/229-led-3mm-alta-luminosidad.html>

Edición: Elaboración propia.

#### B.4. Radiofrecuencia

Con respecto a la selección del módulo de radiofrecuencia se decidió emplear el módulo “Bluetooth Shield v1.0” de “Elecrow” (Figura 14). El mismo permite la configuración master (maestro) que permitirá la conexión con el Módulo esclavo de la moto (slave), adicionalmente de permitir establecer una configuración para que éste solo pueda conectarse con el Bluetooth de la moto creando así una comunicación segura y con un rango de distancia de máximo 10 metros.

Figura 14. Bluetooth Shield v1.0 de “Elecrow”.



Fuente: Peñaloza A., Jesús D. (2014), “Desarrollo de un prototipo de Casco Inteligente que disminuya los riesgos asociados de los motociclistas en los accidentes de tránsito”.

## B.5. Airbag

### B.5.1. Tipo de Airbag

Para el caso de cascos de motociclista no se han documentado tipos de airbag. Pero, se define que el tipo de airbag propuesto sería de protección craneoencefálico, ya que cubrirá las regiones de cabeza y cuello del motociclista, tal cual lo hace el airbag para ciclistas del casco Hövding (Figura 15).

### B.5.2. Material del Airbag

El material del Airbag del dispositivo, por el momento, será de nylon ultrarresistente, con garantías de no explosión a velocidad de 10 Km/h, siguiendo la línea utilizada por el casco invisible Hovding (Figura 15).

Figura 15. Hövding - Airbag para ciclistas - El casco de bicicleta invisible



Fuente: [http://www.hovding.com/how\\_hovding\\_works](http://www.hovding.com/how_hovding_works)

### B.5.3. Sistema de llenado del airbag

Este sistema estará basado en el uso de una bombona de CO<sub>2</sub> de 16 gramos (Figura 16), un elemento de apertura de bombonas utilizado en Chalecos Salvavidas (Figura 50) y un motor con una caja de engranaje. El elemento de apertura de bombonas funciona de la siguiente manera: al jalar la palanca se introduce un elemento punzante en la boquilla de la bombona creando una abertura en el pico de esta por donde se libera el gas y pasa por la válvula de salida del elemento de apertura. [8]

Figura 16. Bombona CO<sub>2</sub> XLAB 16 g



Fuente: Peñaloza A., Jesús D. (2014), "Desarrollo de un prototipo de Casco Inteligente que disminuya los riesgos asociados de los motociclistas en los accidentes de tránsito"

Debido a la necesidad de un elemento que active el sistema de llenado del airbag, se empleará el motor con la caja de engranaje como sistema de apertura de la bombona, es decir, cuando el sistema se active, el motor jalará por medio de una cuerda de alta resistencia la palanca, hasta generar la apertura para que se libere el gas para que luego se llene el Airbag.

Figura 17. Mecanismo de llenado del airbag.



Fuente: Peñaloza A., Jesús D. (2014), “Desarrollo de un prototipo de Casco Inteligente que disminuya los riesgos asociados de los motociclistas en los accidentes de tránsito”

## B.6. Case

El case del sistema propuesto se modelará de acuerdo a la superficie del casco integral estándar del motociclista.

### B.6.1. Material del Case

El material, seleccionado para el case del sistema propuesto, fue el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS). Este tipo de material ofrece mayor duración y resistencia a la intemperie según tabla adjunta (Tabla 3).

Tabla 8. Principales diferencias entre el PLA y el ABS.

<b>ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO</b>	<b>POLIÁCIDO LÁCTICO</b>
Acrónimo: ABS.	Acrónimo: PLA.
Temperatura de extrusión: ~ 240 ° C.	Temperatura de extrusión: ~ 200 ° C.
Requiere cama caliente > 70 ° C	Poca temperatura de cama caliente.
Funciona bastante bien sin refrigeración de capa.	Se beneficia enormemente de refrigeración de capa durante la impresión.
Peor adherencia, se necesita cinta de poliamida o laca.	Buena adherencia a una gran variedad de superficies.
Resistente a temperaturas altas.	Poco resistente a temperaturas altas.
Propenso a las grietas, de laminación, y deformación.	Propenso a la ondulación de las equinas y salientes.
Más flexible.	Más frágil.
Se pueden unir piezas usando adhesivos o disolventes (acetona o MEK).	Se pueden unir piezas usando adhesivos específicos.
Los humos son desagradables y nocivos en áreas cerradas.	Humos no nocivos y olor más agradable.
Plástico derivado del petróleo.	Plástico de origen vegetal.

Fuente: <http://3dprinterplans.info/abs-vs-pla-shootout/>

Edición: Elaboración Propia

## **2.3. Cálculo del nivel de protección del sistema mediante análisis numérico**

### **2.3.1. Definición de parámetros del accidente según la norma internacional ISO 13232**

#### **A. Del motociclista**

Se utilizó las características físicas del maniquí Dummy Híbrido Tipo III 50 %, empleado en pruebas de choques de vehículos, con una altura de 175 cm y 78 kg de peso. Si bien este sistema de medición tiene límites, la simulación en un escenario de accidente se aproxima a la realidad. [5]

#### **B. Del vehículo**

Las características promedio utilizadas de la motocicleta fueron tanto el peso de 220 kg, y una velocidad de 50 km/h, circulando con un movimiento cinemático uniforme.

#### **C. Del objetivo impactado**

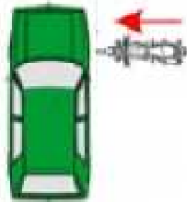
Según la norma ISO 13232-6:2005, la especificación del vehículo involucrado en el accidente presenta una masa de 1238 - 1450 kg, y una altura de 137 - 147 cm. Sin embargo, para simplicidad del modelo matemático, se consideró que el motociclista se impacte contra una masa en inercia.

#### **D. De la situación del accidente**

La norma internacional ISO 13232 para ensayo y análisis de accidentes de motocicleta [21], introducida en 1996, constituye una base fundamental para la selección de los escenarios de prueba, ya que en ella se norman 25 tipos de colisión diferentes.

Tomando en cuenta esta norma internacional, se decidió analizar el escenario de choque de la Asociación General de Automóvil Alemán (ADAC) basado en la ISO 13232, clasificación 313, como se aprecia en la Tabla 9. En ella se describe una situación del típico accidente en un cruce a 50 km/h.

Tabla 9. Escenario de choque ADAC – Basado en la ISO 13232.

<p><b>Escenario de choque ADAC</b></p> <p>Basado en la ISO 13232</p> <p>Clasificación: 313</p> 	Velocidad de la motocicleta: 50 km/h
	Velocidad del vehículo: 0 km/ h
	Ángulo de impacto: 90°
	Superposición: 100%
	Motocicleta: Suzuki Bandit GSF 600 año 1997 [220 kg]
	Turismo: Ford Mondeo año 1995 [130 0 kg]
	Valores medidos: velocidad, retardo de motocicleta

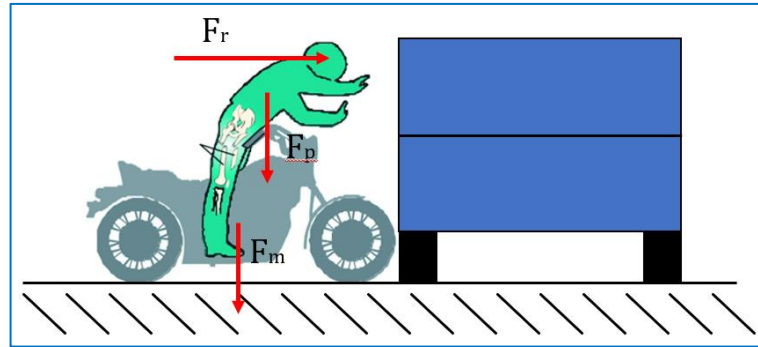
Fuente: <http://www.enmotomasseguro.com/>

### E. Del impacto

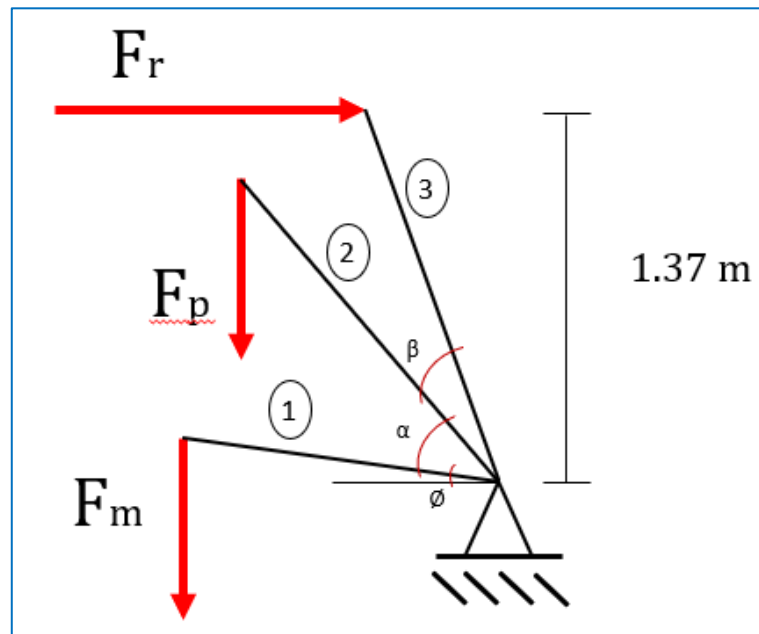
Según [21], este escenario de accidente permite comprobar y evaluar diferentes sistemas de protección, ocurriendo en primer lugar, un impacto primario contra el vehículo, y otro impacto secundario contra la calzada. Debido al impacto en 90°, este escenario se puede reproducir mejor que los escenarios con componentes oblicuos más ligeros. Para esta investigación, se analizó el primer impacto contra el vehículo, teniendo como objetivo principal el impacto en la zona frontal de la cabeza del motociclista, según lo descrito por la RACE [5].

#### 2.3.2. Cálculo de la eficiencia mecánica del sistema propuesto mediante análisis matemático utilizando MATLAB

Para el modelado del sistema se utilizó el método de Análisis por Elemento Finito 2-D con Limitación Multipunto; en donde el interés principal fue encontrar el valor de la fuerza “ $F_r$ ” el cual sería el impacto recibido en el área craneal y cervical al momento de realizarse un impacto frontal según los parámetros de la norma estándar ISO 13232.



Para un motociclista con una masa de 78 kg y una motocicleta de 220 kg; impactándose a 50 km/h perpendicularmente con un vehículo promedio de 1300 kg, el cual se asume como una masa en reposo, se obtuvo el siguiente diagrama de cuerpo libre.



Donde:

$$F_m = (78 \text{ kg}) * 9.81 \text{ m/s}^2 = 765,18 \text{ N}$$

$$F_p = (220 \text{ kg}) * 9.81 \text{ m/s}^2 = 2158,20 \text{ N}$$

$$v = 50 \text{ km/h} = 180 \text{ m/s}$$

$$\phi < \alpha < \beta$$

$$\phi + \alpha + \beta < 90^\circ$$

Y la matriz de rigidez en el espacio 2-D para el cálculo por elemento finito,

$$F_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$k_n = \frac{F_k}{L} \begin{matrix} & u_i & v_i & u_j & v_j \\ \begin{bmatrix} l^2 & lm & -l^2 & -lm \\ lm & m^2 & -lm & -m^2 \\ -l^2 & -lm & l^2 & lm \\ -lm & -m^2 & lm & m^2 \end{bmatrix} & & & & \end{matrix} (N)$$

Donde  $l = \cos \theta$ ,  $m = \sin \theta$  y  $u_i, v_i$  son los desplazamientos en el eje x e y respectivamente.

$$k = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{L}$$

Elemento 1:

$$\text{Para } \emptyset \rightarrow l = 0 \wedge m = 1$$

$$L = d = 1,37 * \frac{\emptyset}{\emptyset + \alpha + \beta}$$

$$k_1 = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{L} * \begin{matrix} & u_1 & v_1 & u_2 & v_2 \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} & & & & \end{matrix} \left( \frac{N}{mm} \right)$$

Elemento 2:

$$\text{Para } \alpha \rightarrow l = 0 \wedge m = \sqrt{3}$$

$$L = d = 1,37 * \frac{\alpha}{\emptyset + \alpha + \beta}$$

$$u_2 \quad v_2 \quad u_3 \quad v_3$$

$$k_2 = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{L} * \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sqrt{3} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \left( \frac{N}{mm} \right)$$

Elemento 3:

$$\text{Para } \beta \rightarrow l = 0 \wedge m = 1$$

$$L = d = 1,37 * \frac{\beta}{\emptyset + \alpha + \beta}$$

$$u_2 \quad v_2 \quad u_3 \quad v_3$$

$$k_3 = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{L} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \left( \frac{N}{mm} \right)$$

Por tanto, la matriz ensamblada sería:

$$\frac{\frac{1}{2} m v^2}{1,37} * \begin{bmatrix} 1/3 & \sqrt{1}/3 & 0 & 0 & -1/3 & -\sqrt{1}/3 \\ \sqrt{1}/8 & 2/3 & 0 & -1 & -\sqrt{1}/3 & -1/3 \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{3} & 0 & -1/\sqrt{3} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1/3 & -\sqrt{1}/3 & -1/\sqrt{3} & 0 & 2/3 & \sqrt{1}/3 \\ -\sqrt{1}/3 & -1/3 & 0 & 0 & \sqrt{1}/3 & 1/3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \\ F_{3x} \\ F_{3y} \end{bmatrix}$$

$$u_2 = v_2 = 0 \wedge v_3' = 0$$

$$F_{1x} = 2158,20 \text{ N} \wedge F_{3x} = 0 \wedge F_{3y} = -F_r$$

$$v'_1 = [-m \quad l] * \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix}$$

$$u_1 - \sqrt{1}v_1 = 0$$

$$F'_{1x} = [m \quad l] * \begin{bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \end{bmatrix}$$

$$F_{1x} + \sqrt{1}F_{1y} = 0$$

Según las relaciones anteriores, se simplifican las filas y columnas,

$$\frac{1}{2} \frac{mv^2}{1,37} * \begin{bmatrix} 1/3 & \sqrt{1}/3 & -1/3 & -\sqrt{1}/3 \\ \sqrt{1}/8 & 2/3 & -\sqrt{1}/3 & -1/3 \\ -1/3 & -\sqrt{1}/3 & 2/3 & \sqrt{1}/3 \\ -\sqrt{1}/3 & -1/3 & \sqrt{1}/3 & 1/3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_3 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{3x} \\ F_{3y} \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{2} \frac{mv^2}{1,37} * \begin{bmatrix} 1/3 & \sqrt{1}/3 & -1/3 & -\sqrt{1}/3 \\ \sqrt{1}/8 & 2/3 & -\sqrt{1}/3 & -1/3 \\ -1/3 & -\sqrt{1}/3 & 2/3 & \sqrt{1}/3 \\ -\sqrt{1}/3 & -1/3 & \sqrt{1}/3 & 1/3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \sqrt{1}v_1 \\ v_1 \\ u_3 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{1x} \\ -F_{1x}/\sqrt{1} \\ F_{3x} \\ -F_r \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1888.32 - 0.173F_r \\ 0,204F_r - 11.363 \\ F_r + 91,224 \\ -57,012 - 3,155F_r \end{bmatrix} \text{ (N)}$$

De la fuerza  $F_{1x}$  conocido se halla  $F_r$ :

$$F_{1x} = -1888.32 - 0.173F_r = -2158,20 \text{ N}$$

$$F_r = \frac{2158,20 - 1888.32}{0.173} \text{ N}$$

$$F_r = 1560.00 \text{ N}$$

La fuerza de reacción ejercida sobre el casco al momento del impacto es de 1560 N dirección al eje “x” negativo.

Posteriormente, según las relaciones del choque elástico e inelástico tenemos,

$$K_f < K_i$$

Además, la diferencia en la energía cinética recibida en el área craneal y cervical está determinado por el coeficiente de amortiguamiento  $C_A$ .

$$F_r < F_r * C_A$$

Para un coeficiente de amortiguamiento  $C_A$  del casco  $C_C$ , se tendrá una fuerza resultante amortiguada:

$$C_C = 0,571$$

$$F_{r-A} = F_r * C_C$$

$$F_{r-A} = 1560 \text{ N} * C_C$$

$$F_{r-A} = 890.76 \text{ N}$$

Para un coeficiente de amortiguamiento  $C_C$  del casco y adicionalmente un amortiguamiento brindado por la bolsa de aire  $C_B$ , se tendrá una fuerza resultante amortiguada:

$$C_C = 0,571$$

$$C_B = 0,361$$

$$F_{r-A'} = \frac{1}{2} mv^2 * C_C * C_B$$

$$F_{r-A'} = 1560 \text{ N} * C_C * C_B$$

$$F_{r-A'} = 321.89 \text{ N}$$

### 2.3.3. Planos constructivos de los componentes mediante SolidWorks.

Los planos constructivos se encuentran en los anexos.

#### 2.4. Evaluación del costo para la implementación del sistema

Posterior a la selección de los componentes del sistema, se calculó el costo para la implementación del diseño.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
<b>1</b>	<b>Módulo de la motocicleta</b>				
1.1	Batería estándar de Plomo-Ácido VRLA, 12 V 7 A (incl moto)	Und.	1	S/. -	S/. -
1.2	Regulador de voltaje fijo de 9 V 1 A	Und.	1	S/. 7.40	S/. 7.40
1.3	Placa Arduino Pro Mini	Und.	1	S/. 28.00	S/. 28.00
1.4	Sensor GY-521 MPU-6050	Und.	1	S/. 15.00	S/. 15.00
1.5	Diodos LED modelo 5LR12K	Und.	2	S/. 0.50	S/. 1.00
1.6	Placa RYB080I_lite	Und.	1	S/. 27.00	S/. 27.00
<b>Subtotal 1</b>					<b>S/. 78.40</b>
<b>2</b>	<b>Módulo del casco</b>				
2.1	Batería polímero de litio LiPo 7.4 V 1500 mA	Und.	1	S/. 30.00	S/. 30.00
2.2	Regulador de voltaje fijo de 9 V 1 A	Und.	1	S/. 7.40	S/. 7.40
2.3	Placa Arduino Pro Micro	Und.	1	S/. 35.00	S/. 35.00
2.4	Sensor fuerza resistivo	Und.	1	S/. 14.00	S/. 14.00
2.5	Diodos LED modelo 5LR12K	Und.	2	S/. 0.50	S/. 1.00
2.6	Placa Bluetooth Shield v1.0	Und.	1	S/. 18.00	S/. 18.00
2.7	Airbag de nylon ultrarresistente	Und.	1	S/. 150.00	S/. 150.00
2.8	Bombona de CO2 16 gr	Und.	1	S/. 50.00	S/. 50.00
2.9	Motor con la caja de engranaje	Und.	1	S/. 25.00	S/. 25.00
2.10	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	Und.	1	S/. 42.50	S/. 42.50
<b>Subtotal 2</b>					<b>S/. 372.90</b>
<b>3</b>	<b>Manufactura y montaje</b>				
<b>Subtotal 3</b>					<b>S/. 50.00</b>
Costo indirecto (1+2+3)					S/. 501.30
Utilidad					S/. 40.10
Costo directo					S/. 541.40
IGV					S/. 97.45
<b>Costo total</b>					<b>S/. 638.86</b>

## 2.5. Discusión

Para determinar el nivel de protección brindado por el sistema, se consideró calcular su eficiencia mecánica frente a la reducción de impacto, bajo los parámetros de la norma internacional ISO 13232, y utilizando un modelamiento matemático de dinámica lineal.

En un primer caso, se obtuvo que para un casco de tipo integral sin el sistema de protección el impacto generado en el casco es de 1560 N. Sin embargo, debido a la amortiguación propia del casco, la cabeza experimentó una fuerza de impacto de 891 N. Es decir, el casco integral sin el sistema de protección ofrece una protección de 669 N, lo cual representa una disminución del 43% de la fuerza de impacto total sobre la cabeza y el cuello.

En un segundo caso, se obtuvo que para un casco de tipo integral con el sistema de protección el impacto generado en el casco, al igual que en el caso anterior, es de 1560 N. Sin embargo, debido a la amortiguación adicional ofrecida por el sistema, la cabeza experimentó una fuerza de impacto de 322 N. Es decir, el casco integral con el sistema de protección ofrece una protección de 1238 N, lo cual representa una disminución del 80% de la fuerza de impacto total sobre la cabeza y el cuello.

Del análisis de los dos casos, se obtuvo que con la implementación de un sistema de protección craneal y cervical el impacto disminuye en un 80%. Mejorando las prestaciones del casco significativamente, en consecuencia, aumenta las posibilidades de conservar la integridad del motociclista ante un impacto.

## Conclusiones

- Se recopiló datos estadísticos de la situación actual de los accidentes de tránsito en Perú, observando que un 30% del total de accidentes de motociclistas involucran lesiones cervicales y craneales, con lo cual se justificó el diseño de un sistema de protección que disminuya estos riesgos.
- Se estableció las características requeridas para el sistema propuesto, con lo cual se seleccionó los dispositivos y partes que forman parte del sistema de protección, incluyendo diagramas de flujos.

- Se calculó una reducción del 85% de las fuerzas aplicadas como consecuencia de impactos en las regiones de la cabeza y en el cuello. Adicionalmente, se elaboró los planos constructivos de los componentes mediante SolidWorks.
- Se cuantificó el costo de manufactura del sistema propuesto, el cual no tiene costo de comparación con preservar la vida humana, solo deberá considerarse para temas comerciales.

### **Recomendaciones**

- Dado que esta investigación fue meramente teórica, en futuras investigaciones podrían utilizarse software de simulación resultados óptimos; de ser posible realizar el experimento en un ambiente controlado siguiendo las condiciones de la norma internacional ISO 13232
- Para el llenado del airbag considerado en el sistema de protección se optó por una bomba llena de CO<sub>2</sub>, pensando en una aplicación futura, el constante uso de este gas generaría una huella de carbono en el ecosistema. Por lo tanto, debería evaluarse el uso de otros gases.

## Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito,» Minimum Graphics, Ginebra, 2004.
- [2] J. Y. Gonzales Lara, «El Perú el país con mayor accidentes de tránsito en América Latina :COMBI, TAXIS, MOTO TAXIS TODO VALE,» La Diaspora, 8 Junio 2010. [En línea]. Available: <http://peruimmigrationdocumentationproject.blogspot.pe/2010/06/el-peru-el-pais-con-mayor-accidentes-de.html>.
- [3] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Víctimas de accidentes de tránsito fatales, según departamento,» INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática, p. 1, 13 noviembre 2013.
- [4] Fernando Berckemeyer Olaechea, «FRECUENCIA DE ACCIDENTES EN MOTO ES TRES VECES MAYOR A LA DE AUTOS,» Diario El Comercio, p. 1, 10 Agosto 2009.
- [5] RACE, «Sistemas de protección con airbag para motoristas,» 1 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <http://www.enmotomasseguro.com/>. [Último acceso: 25 Junio 2016].
- [6] A. S. Revert, Diseño, desarrollo y optimización de un casco deportivo ligero mediante el empleo de nuevas fibras de alto rendimiento a impacto, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2019.
- [7] H. I. Diaz C. y B. D. Monsalve P., «DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE CASCO INTELIGENTE PARA LA PREVENCIÓN DE LESIONES Y SEGURIDAD EN VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE DOS RUEDAS,» Universidad Nueva Esparta, Caracas, Venezuela, 2014 .
- [8] . J. Peñaloza A., «Desarrollo de un prototipo de Casco Inteligente que disminuya los riesgos asociados de los motociclistas en los accidentes de tránsito,» Universidad Nueva Esparta , Caracas, Venezuela, 2014.
- [9] L. M. Azcuénaga Linaza, MANUAL PRÁCTICO PARA LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES LABORALES, Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL, 2009.
- [10] P. Luque Rodríguez, D. Álvarez Mántaras y +, INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO: Manual de Reconstrucción, La Coruña: NETBIBLO, 2007.
- [11] M. Valente, R. Catarino y H. Ribeiro, «EMERGÊNCIAS TRAUMA,» INEM, Saúde, Republica Portuguesa , 2012.

- [12] J. D. Wilson, A. J. Buffa y Bo Lou, FÍSICA, México: Pearson Educación, 2007.
- [13] Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, «Sala de lesiones por accidentes de tránsito,» MINSA, Lima, 2021.
- [14] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Accidentes de tránsito ocurridos en el Perú - 2019,» PCM, Lima, 2020.
- [15] Research Cell, «<http://www.researchcell.com/>,» Research Cell, 2 Julio 2016. [En línea]. Available: <http://www.researchcell.com/general/7809-pin-and-circuit-diagram/>. [Último acceso: 5 Octubre 2016].
- [16] Arduino S.R.L, «[Arduino.org](http://www.arduino.org),» Arduino S.R.L, 27 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>. [Último acceso: 19 Septiembre 2016].
- [17] ColdFire Electronica, «ColdFire Electronica,» ColdFire Electronica, 14 septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://coldfire-electronica.com/esp/item/154/55/acelerometro-giroscopio-6-dof-imu-gy-521-mpu-6050>. [Último acceso: 6 enero 2021].
- [18] TechDesign, «TechDesign,» Winbond Electronics Corp, 1 Octubre 2019. [En línea]. Available: [https://www.techdesign.com/market/re yax/product/R YB080I\\_lite](https://www.techdesign.com/market/re yax/product/R YB080I_lite). [Último acceso: 6 enero 2021].
- [19] D. R. Ojeda Pereira y L. F. Ortiz Pineda, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BATERÍA RECARGABLE PARA UNA BICICLETA ELÉCTRICA TIPO TRIKE MEDIANTE EL USO DE BATERÍAS RECICLADAS DE ION DE LITIO 18650,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Cuenca, 2017.
- [20] F. J. G. Márquez, «COMPIC,» 22 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.complic.es/led-s-3mm/521-led-indicador-3mm.html>. [Último acceso: 7 enero 2021].
- [21] International Organization for Standardization, International Standard - ISO 13232, Ginebra, Suiza: Switzerland, 2005.

## Anexos

### Encuesta

### ENCUESTA PARA MOTICICLISTAS

#### Instrucciones:

La forma de responder las preguntas será con una X en las casillas vacías.

1. ¿En qué rango de edad se encuentra?

18-24 años	25-29 años	30 a más años
---------------	---------------	------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

2. ¿Con qué frecuencia ha tenido o ha estado a punto de tener un accidente de tránsito en un año?

1-5 veces	6-10 veces	11 a más veces
-----------	---------------	-------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

3. ¿Considera que el uso del casco es importante para el bienestar físico del conductor?

SI	NO
----	----

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

4. ¿Qué tipo de casco utiliza cuando maneja su motocicleta?

Casco sccoter	Casco integral	Casco abatible	Otro
------------------	-------------------	-------------------	------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

5. ¿Cómo calificaría la protección del casco que utiliza?

Excelente	Bueno	Regular	Malo
-----------	-------	---------	------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

6. Conoce usted algún sistema adicional en los cascos para motocicleta que proteja la cabeza y cuello.

SI

NO

7. Considera importante el diseño y elaboración de un sistema de protección a la cabeza y cuello que pueda adicionar a su casco.

SI

NO

8. Cree que el diseño y elaboración de un sistema de protección a la cabeza y cuello que pueda adicionar a su casco sería un incentivo sobre el uso de este al conducir una motocicleta.

SI

NO

9. ¿Usted estaría dispuesto adquirir un sistema de protección a la cabeza y cuello que pueda adicionar a su casco?

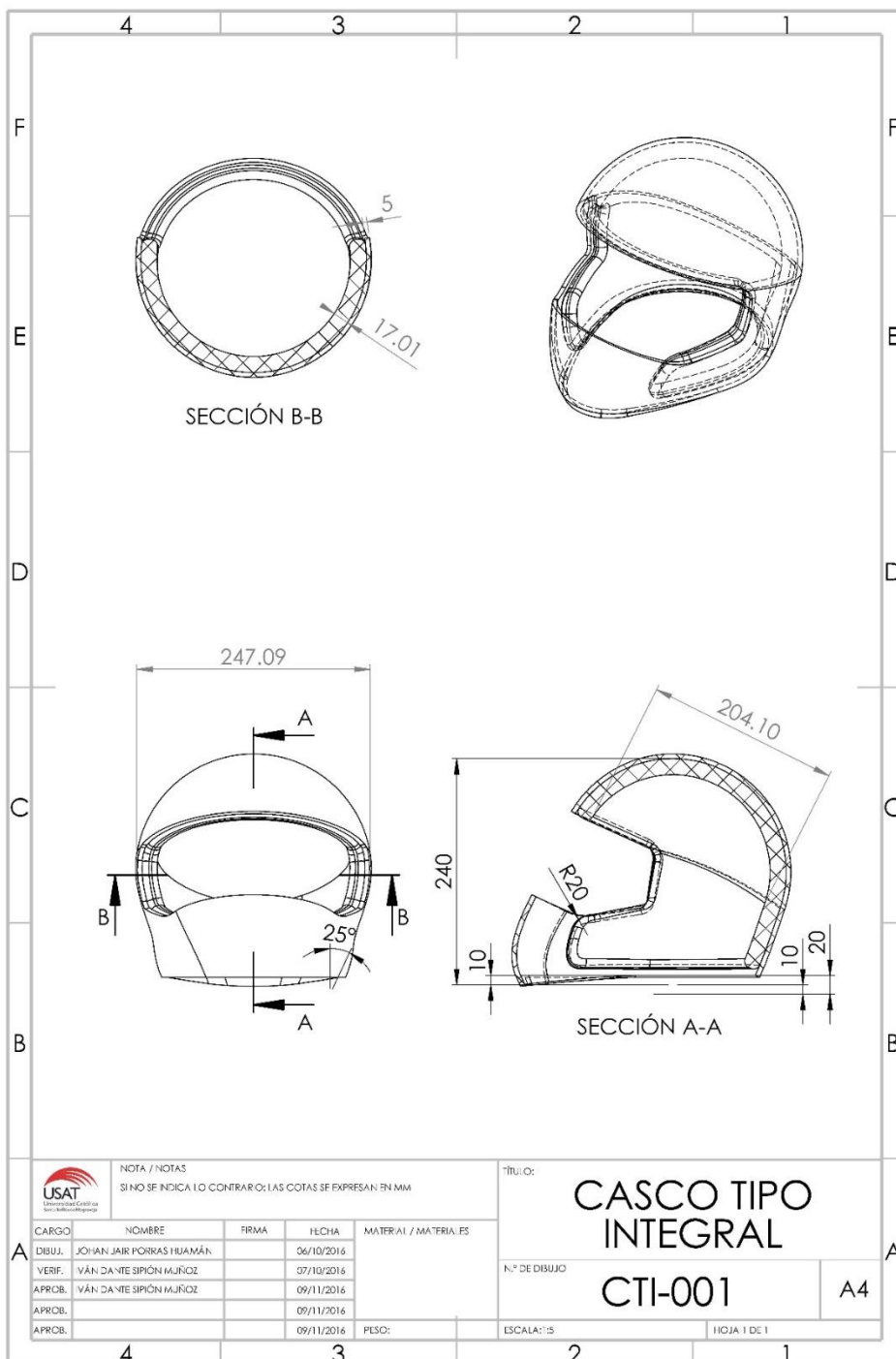
SI

NO

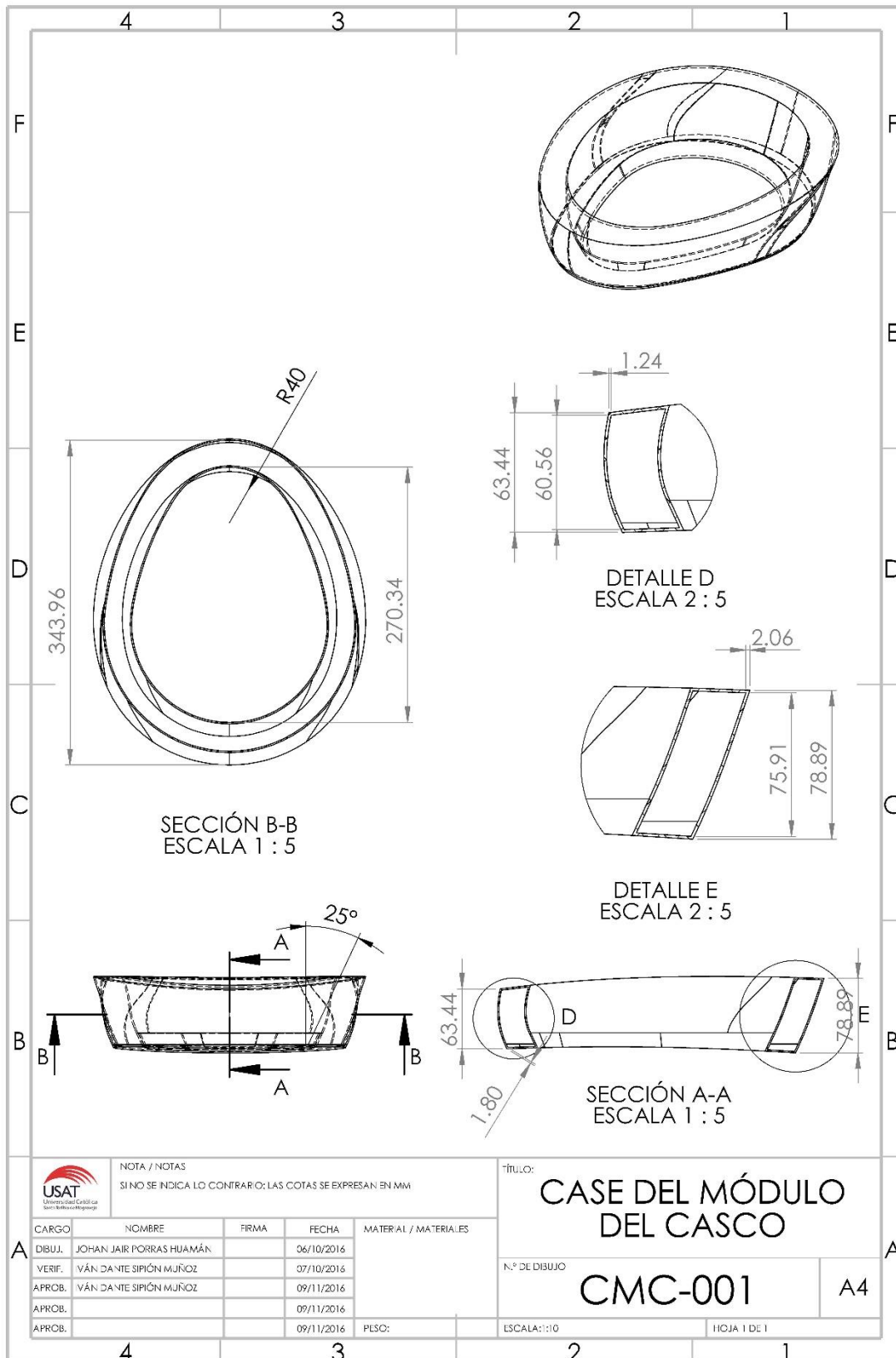
10. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de protección a la cabeza y cuello que pueda adicionar a su casco?

S/ 200 a  
S/ 350S/ 351 a  
S/ 450S/ 451 a  
más

Plano de casco tipo integral



Plano del case del casco



NOTA / NOTAS  
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO; LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

TÍTULO:  
**CASE DEL MÓDULO DEL CASCO**

CARGO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL / MATERIALES
DIBUJ.	JOHAN JAIR PORRAS HUAMÁN		06/10/2016	
VERIF.	VÁN DANTE SipiÓN MUÑOZ		07/10/2016	
APROB.	VÁN DANTE SipiÓN MUÑOZ		09/11/2016	
APROB.			09/11/2016	
APROB.			09/11/2016	

N.º DE DIBUJO  
**CMC-001**

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

A4

Plano del case de la motocicleta

