



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, Huila 20 de octubre del 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

El (Los) suscrito(s):

Derly Patricia Salazar Lopez, con C.C. No. 1075317299,

Juan Sebastián Ortigoza Cuéllar, con C.C. No. 1075312622,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado Biomecánica Forense De La Bóveda Craneal En Accidentes de Tránsito De La Ciudad De Neiva presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de Físico

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.





**OTÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Biomecánica Forense De La Bóveda Craneal En Accidentes de Tránsito De La Ciudad De Neiva

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Ortigoza Cuéllar           | Juan Sebastián           |
| Salazar Lopez .            | Derly Patricia           |

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Cristancho Fierro          | José Miguel              |

**ASESOR (ES):**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
|----------------------------|--------------------------|

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Físico

**FACULTAD:** Ciencias exactas y naturales

**PROGRAMA O POSGRADO:** Física

**CIUDAD:**                      **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023    **NÚMERO DE PÁGINAS:** 50

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general X Grabados \_\_\_  
Láminas \_\_\_ Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos \_\_\_ Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas  
o Cuadros X



**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: Human Biodigital

**MATERIAL ANEXO:** Traumatologías expuestas  
<https://human.biodigital.com/view?id=5EmV&lang=es>

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

| Español                  | Inglés               |
|--------------------------|----------------------|
| 1. <u>Biomecánica</u>    | <u>Biomechanics</u>  |
| 2. <u>Forense</u>        | <u>Forensic</u>      |
| 3. <u>Traumatología</u>  | <u>Traumatology</u>  |
| 4. <u>Biofísica</u>      | <u>Biophysics</u>    |
| 5. <u>Accidentología</u> | <u>Accidentology</u> |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En este trabajo se pretende analizar los aspectos biomecánicos de la física forense de la región craneal en accidentes de tráfico con el fin de compilar información teórica y actualizada que ayude a la correcta interpretación accidentalológica del casos, esto implica distribuir correctamente un marco físico de fuerzas al momento del siniestro, de acuerdo al proceso médico forense el cual estipula el nivel de daño en la zona craneal, es allí donde suelen abordarse desde un enfoque traumatológico que permita visualizar el tipo de lesión craneal del accidente(Santiago Delgado Bueno, 2011).

En el proceso se estructurará un argumento metodológico en el cual se busca identificar y definir los daños que sean posibles de determinar por una lesión causada en un accidente, ejemplo de ello son los tipos de lesiones producto de deformaciones de la cavidad cerebral, movimiento relativo del cerebro en el cráneo y ondas de presión gradientes de presión en el líquido céfalo raquídeo. Así mismo mediante modelos físicos cuantificar el nivel de daño en la zona estudiada de acuerdo con los estándares escritos por



"Biomecánica de accidente de tránsito" (A. Hernado Lorenzo, 1999) haciendo los ajustes a las predicciones comportamentales biológicas que describen los siniestros.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

#### ABSTRACT

This work aims to analyze the biomechanical aspects of forensic physics in the cranial region of traffic accidents in order to compile theoretical and up-to-date information that aids in the accurate accident interpretation. This involves properly distributing a physical framework of forces at the time of the accident, according to the forensic medical process, which determines the level of damage in the cranial area. It is in this area where a traumatological approach is usually employed to reveal the type of cranial injury at the time of the accident (Santiago Delgado Bueno, 2011).

The process will establish a methodological argument seeking to identify and define damages that can be determined by injuries caused in an accident. Examples of these are the types of injuries resulting from deformations of the brain cavity, relative brain movement within the skull, and pressure gradients in the cerebrospinal fluid. Additionally, the level of damage in the studied area will be quantified through physical models, in accordance with the standards outlined in "Traffic Accident Biomechanics," while making adjustments to the biological behavioral predictions that describe accidents.



### APROBACION DE LA TESIS

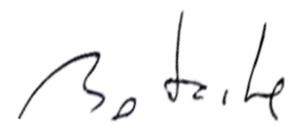
Nombre presidente Jurado:

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre Jurado: Elkin Barreiro Rocha

Firma:  \_\_\_\_\_

Nombre Jurado: Wilmer Botache Capera

Firma:  \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**PROGRAMA DE FÍSICA**



---

**BIOMECÁNICA FORENSE DE LA BÓVEDA  
CRANEAL EN ACCIDENTES DE TRANSITO DE LA  
CIUDAD DE NEIVA**

---

Trabajo de Grado para optar al título de Físico(a).

**Desarrollado por:**

**DERLY PATRICIA SALAZAR LOPEZ.**

**Código:** 20162152879

**JUAN SEBASTIAN ORTIGOZA CUELLAR.**

**Código:** 20162151823

**Director:** JOSE MIGUEL CRISTANCHO FIERRO.

Neiva-Huila

19 de septiembre de 2023

# DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a nuestras familias, especialmente a nuestras madres quienes con la bendición de Dios nos han ayudado y apoyado durante nuestra labor universitaria, a nuestros colegas y amigos que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos, demostrando que la Universidad Surcolombiana se forman personas integras con calidad humana con sentido social.

**DEDICATORIA D.P.S.L:** A mi padre por su fé en mí, tu amor y comprensión por brindarme el apoyo en los momentos difíciles, te agradezco por siempre estar presente.

**DEDICATORIA J.S.O.C:** A mi abuela María de Jesús Calderón De Cuellar quien me insistió desde temprana edad a superarme y a elegir siempre el buen camino de la mano de mi madre, siempre fue mi mayor fan datándome de su don de la palabra y pasión por la lectura, sus sabias palabras estarán conmigo hoy mañana y siempre.

# AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios, por bendecirnos y fortalecernos en cada uno de los pasos que damos en la vida.

A nuestras Madres que son el pilar la familia y siempre nos guían por el camino del bien, por los sacrificios que han hecho día a día para educarnos y vernos felices , pues son ellas el motor y guía de nuestros sueños, al navegar por el inmenso mar de nuestro destino.

A nuestra familia y amigos que, con su comprensión y consejos estuvieron siempre ayudándonos y a todo aquel que a dejado un granito de arena en nuestro proceso universitario.

A nuestros profesores que nos brindaron sus conocimientos y demás enseñanzas, mención especial a la profesora Ana Lilia Bernal Esteban y especialmente al profesor José Miguel Cristancho Fierro quien ha sido nuestro mentor no solo en este trabajo de grado sino también en nuestra carrera universitaria, donde en cada una de sus clases formó poco a poco nuestro carácter investigativo, hasta mostrarnos que la física es una carrera transversal y es mucho más que solamente ecuaciones que describen los comportamiento fenomenológico que nos rodea y ha creído en nosotros desde el inicio del pregrado.

# RESUMEN

En este trabajo se pretende analizar los aspectos biomecánicos de la física forense de la región craneal en accidentes de tránsito con el fin de compilar información teórica y actualizada que ayude a la correcta interpretación accidentológica de los casos, esto implica interpretar correctamente un marco desde el punto de vista físico de fuerzas al momento del siniestro, de acuerdo a la interpretación del informe del médico forense el cual estipula el nivel de daño en la zona craneal, es allí donde suelen abordarse desde un enfoque traumatológico que permita visualizar el tipo de lesión craneal del accidente [1].

En el presente trabajo se estructura un argumento metodológico en el cual se busca identificar y definir los daños que sean posibles de determinar por una lesión causada en un accidente, ejemplo de ello son los tipos de lesiones producto de deformaciones de la cavidad cerebral, movimiento relativo del cerebro en el cráneo y ondas de presión, gradientes de presión en el líquido céfalo raquídeo. Así mismo mediante modelos físicos se elaboró un esquema de daño en la zona estudiada de acuerdo con los estándares escritos por "Biomecánica de accidente de tránsito" haciendo los ajustes a las predicciones comportamentales biológicas que describen los siniestros.

**Palabras claves:** Biomecánicas, leyes de Newton, traumatología, física forense, gradiente, choque, deformación de la bóveda craneal, ondas y gradientes de presión, siniestros.

# ABSTRACT

This work aims to analyze the biomechanical aspects of forensic physics related to cranial region injuries in traffic accidents, with the goal of compiling theoretical and up-to-date information to aid in the accurate accident interpretation. This involves the correct interpretation of a physical framework regarding forces at the moment of the incident, in accordance with the forensic medical report, which specifies the level of damage in the cranial area. It is within this context that a traumatological approach is typically employed to visualize the type of cranial injury resulting from the accident.

In this current study, a methodological argument is structured to identify and define the damages that can be determined as a result of injuries caused in accidents. Examples of such damages include injuries resulting from deformations of the cerebral cavity, relative brain movement within the skull, and pressure waves, as well as pressure gradients in the cerebrospinal fluid. Additionally, physical models were developed to outline damage patterns in the studied area in accordance with the standards outlined in "Biomechanics of Traffic Accidents," while adjusting for the biological behavioral predictions that describe accidents.

**Keywords:** Biomechanics, Newton's laws, traumatology, forensic physics, gradient, collision, cranial vault deformation, waves and pressure gradients, accidents.

# Índice General

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>  | <b>10</b> |
| 1.1. Objetivos del Trabajo de Grado . . . . .                                   | 10        |
| 1.1.1. Objetivo General . . . . .   | 10        |
| 1.1.2. Objetivos Específicos . . . . .  | 10        |
| <b>2. ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE GRADO</b>                                       | <b>11</b> |
| 2.1. Antecedentes . . . . .   | 11        |
| 2.2. Contextualización del problema . . . . .                                   | 13        |
| 2.3. Justificación del Problema . . . . .                                       | 14        |
| <b>3. MÉTODOS TEÓRICOS DE SOLUCIÓN</b>  | <b>15</b> |
| 3.1. Biomecánica . . . . .  | 15        |
| 3.2. Colisiones entre la víctima y el vehículo . . . . .                        | 16        |
| 3.3. Atropellos: Vehículo - Peatón . . . . .                                    | 17        |
| 3.4. Colisión en los órganos humanos y un marco externo de referencia . . . . . | 18        |
| 3.5. Accidentes de motocicletas y ciclomotores . . . . .                        | 18        |
| 3.6. Accidentes entre caminos y autobuses . . . . .                             | 18        |
| 3.7. Biomecánica Forense . . . . .  | 19        |
| 3.8. Ecuaciones física en la Biomecánica . . . . .                              | 20        |
| 3.8.1. Aceleración . . . . .  | 20        |
| 3.8.2. Fuerza . . . . .   | 21        |
| 3.8.3. Trabajo . . . . .  | 21        |
| 3.8.4. Energía . . . . .  | 22        |
| 3.9. Leyes de Newton en la Biomecánica . . . . .                                | 23        |
| 3.9.1. Primera Ley de Newton (Ley de Inercia) . . . . .                         | 23        |
| 3.9.2. Segunda Ley de Newton . . . . .  | 23        |
| 3.9.3. Tercera Ley de Newton (Acción y reacción) . . . . .                      | 23        |
| 3.10. Biomecánica en la Zona Craneal . . . . .                                  | 24        |
| 3.11. Anatomía Craneal . . . . .  | 24        |
| 3.12. Traumas Craneales . . . . .   | 26        |
| <b>4. ENFOQUE METODOLÓGICO</b>  | <b>28</b> |
| <b>5. RESULTADOS</b>  | <b>29</b> |
| 5.1. Cálculos . . . . .   | 29        |
| 5.1.1. Accidente investigado . . . . .  | 29        |
| 5.1.2. Análisis de la Vía . . . . .   | 30        |
| 5.1.3. Elementos de seguridad en la Vía . . . . .                               | 30        |
| 5.1.4. Vehículos involucrados . . . . .   | 30        |
| 5.1.5. Participantes . . . . .  | 31        |
| 5.2. Cálculos y fórmulas involucradas . . . . .                                 | 31        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.2.1. Cálculo para hallar la distancia del arrastre metálico . . . . . | 33        |
| 5.2.2. Fórmula de Trabajo . . . . .                                     | 33        |
| 5.2.3. Ecuación de la Velocidad . . . . .                               | 35        |
| 5.3. Análisis traumatológico del caso . . . . .                         | 36        |
| <b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>  | <b>40</b> |
| <b>7. CONCLUSIONES</b>  | <b>47</b> |
| <b>8. RECOMENDACIONES</b>   | <b>48</b> |

# Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Víctimas fallecidas por usuarios en motocicletas, peatones, bicicletas, vehículos individuales y sin información. [8] . . . . .   | 13 |
| 3.1. Movimiento de dos fases a través de la distancia de un choque entre peatón y vehículo de SCHMIDT Y NAGER. [11] . . . . .  | 16 |
| 3.2. Impacto frontal en la zona torácica del cuerpo humano biomecánica forense. [12]   | 19 |
| 3.3. Relaciona la Biomecánica de la cabeza con los eventos sucesivos de: deformaciones de la cavidad craneal, ondas de presión, movimiento relativo del cerebro en el cráneo, gradiente de presión. [13] . . . . . | 20 |
| 3.4. Niveles de estudios por regiones corporales. [14] . . . . .   | 20 |
| 3.5. Curvas de energía y la aceleración. [14] . . . . .  | 22 |
| 3.6. Diagrama de impacto frontal. [14] . . . . .   | 24 |
| 3.7. Imagen de la Bóveda Craneal. [16] . . . . .   | 25 |
| 3.8. Fractura por impacto frontal derecho. [14] . . . . .  | 26 |
| 3.9. Hematomas cerebrales. [13] . . . . .  | 27 |
| 5.1. Modelo de la Motocicleta BAJAJ. . . . .   | 31 |
| 5.2. Bosquejo topográfico de accidente vial. . . . .   | 32 |
| 5.3. Distancia de arrastre metálico. . . . .   | 32 |
| 5.4. Teorema de Pitágoras. . . . .   | 32 |
| 5.5. Diagrama de Fuerzas. . . . .  | 34 |
| 5.6. Render 3D por lesión de latigazo vertical. . . . .  | 37 |
| 5.7. Fractura del cráneo . . . . .   | 38 |
| 5.8. Hematoma subdural agudo hemisferio derecho . . . . .  | 38 |
| 5.9. Contusión y edema cerebral . . . . .  | 39 |
| 6.1. Pregunta 1 de la encuesta. . . . .  | 40 |
| 6.2. Pregunta 2 de la encuesta. . . . .  | 40 |
| 6.3. Pregunta 3 de la encuesta. . . . .  | 41 |
| 6.4. Pregunta 4 de la encuesta. . . . .  | 41 |
| 6.5. Pregunta 5 de la encuesta. . . . .  | 42 |
| 6.6. Pregunta 6 de la encuesta. . . . .  | 42 |
| 6.7. Pregunta 7 de la encuesta. . . . .  | 43 |
| 6.8. Pregunta 8 de la encuesta. . . . .  | 43 |
| 6.9. Pregunta 9 de la encuesta. . . . .  | 44 |
| 6.10. Pregunta 10 de la encuesta. . . . .  | 44 |
| 6.11. Pregunta 11 de la encuesta. . . . .  | 45 |
| 6.12. Pregunta 12 de la encuesta. . . . .  | 45 |
| 6.13. Pregunta 13 de la encuesta. . . . .  | 45 |

# Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Factores de riesgo en los accidentes viales . . . . .      | 14 |
| 3.1. Categorización y definición de la bóveda craneal . . . . . | 25 |
| 5.1. Características del lugar de los hechos. . . . .           | 30 |
| 5.2. Señalización y Controles. . . . .                          | 30 |

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tránsito son una de las mayores causas de muertes fatales en el mundo principalmente por los excesos de velocidades entre otras causas, por lo tanto afectan al ser humano dependiendo de la fuerza que es ejercida por el choque, a partir de ellos surge la necesidad de estudiar desde una perspectiva biomecánica los aspectos traumatológicos de la bóveda craneal en los accidentes de tránsito en la ciudad de Neiva Huila, ya que es una de las zonas más afectada con mayor mortalidad y menor conocimiento. La Universidad Surcolombiana respondiendo a las necesidades regionales establece el semillero de accidentología para brindar un acompañamiento técnico y estudiar las características Físicas del choque, lo que nos permite establecer una relación Biomecánica accidentológica donde podamos articular una serie de procesos físicos y forenses para conocer el tipo trauma craneal en este caso. Consecutivamente la articulación de los datos ayudarían al mejoramiento del conocimiento de la biomecánica forense en la zona craneal, es necesario aclarar que este trabajo de grado puede extrapolarse a diversos parámetros de trabajo, por lo que la zona establecida de estudio no es una restricción y dará pie a muchas investigaciones metodológicas que busquen esclarecer los efectos de las fuerzas físicas en el cuerpo humano al momento del choque.

### 1.1. Objetivos del Trabajo de Grado

#### 1.1.1. Objetivo General

- Analizar la biomecánica forense de impacto para la bóveda craneal en accidentes de tránsito en Neiva, Huila.

#### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Analizar los aspectos teóricos en la física del accidente aplicando los modelos existentes en accidentológica.
- Evaluar el caso aplicando los conceptos de la biomecánica forense y elaborar una encuesta en el cual se evidencie cuáles son los principales factores de accidentes en la ciudad de Neiva-Huila.
- Elaborar una simulación en 3D sobre el evento y trauma generado en el accidente.

# Capítulo 2

## ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE GRADO

En esta monografía se plantea una revisión bibliográfica, con el fin de evidenciar que la biomecánica forense en la zona craneal es un eje central para comprender diversos mecanismos traumatológicos que puedan atender con la vida del individuo, como veremos más adelante las cifras de accidentalidad sustenta que los Traumas Craneoencefálicos (TCE) son la principal causa de muerte en los accidentes de tránsito especialmente en las motocicletas y de acuerdo a un análisis de costos elaborado por Fasecolda, los accidentes con este medio de transporte representa un problema económico, social, laboral que se ha acentuado desde el 2016 hasta nuestros días.

### 2.1. Antecedentes

Para poder evaluar el nivel de importancia y la razón de esta monografía es necesario conocer diversas investigaciones desde el ámbito internacional, nacional y regional que avalen la idea de establecer un parámetro contextualizado entre la biomecánica forense y los accidentes de tránsito que afectan la bóveda craneal, por ende existirán componentes teóricos que permitan analizar el comportamiento dimensional de este, aplicando las leyes de Newton y otros modelos que permitan ejemplificar la interacción de las fuerzas lineales y angulares al momento de los choques.

En el ámbito internacional, el estudio de modelaciones de fracturas del cráneo bajo las condiciones de impacto de la universidad nacional autónoma de México [2], desarrolla modelos donde se analizan elementos finitos del cráneo, que permite la representación y validación de la metodología de la investigación, al considerar criterios de fallas Oseas por medio de placa de aluminio donde se permite establecer que dependiendo de la velocidad de 5.46 m/s [2] existe una fractura en el cráneo.

En esta monografía se plantea a partir de una tomografía un modelo tridimensional de aproximación a las características del cráneo, sobre el cual se realizan pruebas mecánicas de cargas al momento del impacto, para poder determinar el nivel de esfuerzo, rigidez y lesión, por medio del método del elemento finito, a partir de esta investigación tomamos una base bibliográfica en la cual podemos comparar valores y teorías físicas que permitan esclarecer el comportamiento ante una aceleración y desaceleración del cráneo.

A partir de las propiedades de los mecanismos de los huesos del cráneo podemos establecer modelos de elasticidad, rigidez y la relación Poisson respecto a las cinco zonas que pueden

ser afectadas por aceleraciones lineales o angulares, donde los hueso temporal, parietal, frontal, occipital y esfenoides pueden sufrir fracturas. Aplicando los conceptos aportados del libro accidentes de tránsito investigación y reconstrucción, [3] utilizaremos modelos físicos para determina la biomecánica de los accidentes, las fuerzas que actúan sobre el objeto en movimiento como las ecuaciones y magnitudes, la energía cinética, trabajo, fuerza y velocidad, la cual se halla por medio de la distancia recorrida y huella marcada en un evento de desaceleración relacionando el coeficiente de fricción al tipo de vía y características de la huella, ecuaciones que se muestran a continuación.

$$W = F \times d$$

$$W = E_{kf} - E_{ki}$$

donde

$W$  = Trabajo.

$E_{kf}$  = Energía cinética final.

$E_{ki}$  = Energía cinética inicial.

$$v = \sqrt{2 * g * d * \mu}$$

donde

$g = 9,8m/s^2$  Valor de la gravedad.

$d$  = Distancia de la huella.

$\mu$  = Coeficiente de fricción.

A partir de la literatura universal de la física y de la física aplicada la reconstrucción de accidentes de tránsito y del análisis dimensional sobre el accidente aplicando las leyes de Newton (dinámica, conservación de energía, resistencia de materiales ) y usando tecnología existente para tal fin, este estudio nos permitirá conocer la velocidad que se desarrolla al momento del choque, la cual nos permite asociar el tipo de lesión, de acuerdo a los parámetros biomecánicos de la bóveda craneal.

En el ámbito nacional, sabemos que Colombia tiene altos índices de accidentes viales en los cuales los peatones, conductores y pasajeros presentan una elevada tasa de mortalidad en los Traumatismo Cráneoencefálico (TCE), a partir de la investigación del grupo de observatorio de salud pública de la Facultad de Medicina de la Universidad centro de educación superior (CES) en atención prehospitalaria de Medellín [4] los servicios de urgencia registran que de todos los casos de atención medica el trauma cráneoencefálico representa un 70 % y la mayoría son causados por los accidentes de tránsito (51.2 %).

Este trabajo pretende estudiar los factores involucrados que conllevan a un traumatismo cráneoencefálico en los accidentes de tránsito como son el exceso de velocidad, el incumplimiento de las señales de tránsito entre otras, a partir de las definiciones aportadas por este trabajo estableceremos un mecanismo traumatológico que nos permitirá conocer el tipo de daño al igual que conceptos biológicos que permita esclarecer el comportamiento de zona de estudio.

Como alternativa de solución este tipo de modelo permite que el semillero brinde información sobre los factores riesgo que afectan al individuo en la bóveda craneal, como pueden ser exceso de velocidad, no contar con los elementos de seguridad, uso de sustancias psicoactivas y estar en estado de alicoramiento, esto permite que al momento de choque tengan menos probabilidades de sobrevivir en un TCE.

En el ámbito económico los accidentes de motocicletas representan un problema ya que las cifras aportadas por Fasecolda indican que existe un alto crecimiento en la cobertura de los accidentes amparados por el SOAT, lo cual nos permite conocer que los gastos totales representan un 77,2 % de todos los accidentes de tránsito durante el periodo 2010 al 2016 [5].

Otro estudio que nos permite conocer sobre los accidentes de tránsito en la zona del cráneo se encuentra en la región del Huila por parte de la Universidad Surcolombiana de la facultad de salud que estudian las características epidemiológicas de los accidentes por moto que ocurren en el área urbana de Neiva [6], esto evidencia la problemática que en el municipio de Neiva se presentan accidentes desde 1999 en motocicletas donde se establece una tasa del 41 por 100.000 de muertes por siniestros viales, el cual corresponde a un incremento 9 % desde el año 2000, estos índices nos muestra que los accidentes viales son muy frecuentes y son un problema de salud pública.

## 2.2. Contextualización del problema

En esta monografía se considera que la biomecánica forense en la bóveda craneal es muy poco estudiada en nuestro departamento del Huila y no se ha realizado un debido trabajo aplicando y entrelazando la física forense con los accidentes de tránsito desde la componente anatómica y traumatología, es allí donde nace y se sustenta este trabajo de grado, por lo tanto en Neiva-Huila las cifras de accidentabilidad han aumentado, según en el periódico LA NACION (la noticia independiente), Neiva se encontraba ya en 2021 con un porcentaje de aumento del 84,21 % de fallecidos en los meses de enero y julio 113 personas por accidentes de tránsito, en comparación de los años 2020 y 2019, el total de fallecidos fueron 27 en vías del municipio, [7] en consecuencia la agencia nacional vial detalla que en el departamento del Huila en los años 2020 y 2021 estas cifras de forma general se vieran incrementadas 19.15 % de manera general en la región, esto quiere decir que es importante que la universidad Surcolombiana en conjunto con el semillero de investigación, articule medidas que permiten la mejoría del análisis de los casos, no solo del choque si no también lo que pueda suceder con las lesiones producto de las fuerza involucradas.

Estas cifras de los años 2021 y 2022 en comparación de los años anteriores se elevan cada año como se muestra en la siguiente imagen de la ANSV.



Figura 2.1: Víctimas fallecidas por usuarios en motocicletas, peatones, bicicletas, vehículos individuales y sin información. [8]

Las cifras aportadas por la ANSV, tesis, libros, entre otros documentos bibliográficos y digitales validan la labor del semillero, el cual presta su servicio en el momento del peritaje del caso aportando investigación física para conocer el comportamiento cinemático del vehículo, ahora nuestra visión es complementar la capacidad argumentativa de dicho caso en la bóveda craneal, la cual se podrá extrapolar empleando los mismos métodos teóricos, a otras partes del sistema óseo que se requieran, por ende es necesario realizar una integración del semillero con la biomecánica traumatológica de la facultad de salud para estructurar procesos de capacitación que permitan mejorar la labor de investigación.

## 2.3. Justificación del Problema

Este trabajo de grado se enfoca en el aspecto biomecánico forense de la región craneal, después de sufrir accidentes de tránsito, las cuales son unas principales causas de los TCE, con el fin de recopilar información de los accidentes viales y de las consecuencias traumatológicas para complementar los estudios y enfoques teóricos del semillero de accidentología, por lo tanto, es conveniente el aprendizaje que se adquiere durante el proceso.

De este modo se pretende elaborar simulaciones en 3D con la aplicación human digital, para entender el comportamiento de la zona craneal durante el choque y si es posible por medio del módulo de Young calcular teóricamente los efectos y la resistencia de la zona craneal afectada al momento del siniestro vial ya que en departamento del huila no se tiene investigaciones que establezcan la relación entre la accidentología y traumatología aplicada la lesiones por medio de las TIC, esto permitirá que el semillero de el primer paso hacia la innovación e investigación por medio de la globalización en nuevas tecnologías, las cuales mejoraran estructural mente la calidad de la enseñanza de la biomecánica forense.

De esta manera se realizará una encuesta para saber la percepción de algunos ciudadanos de Neiva a las posibles causas de accidentes viales que pueden ser causadas por vehículos, motocicletas, peatones u otro tipo de medio de transporte, que conllevan a un siniestro vial.

Cuadro 2.1: Factores de riesgo en los accidentes viales

| <b>Factores de Riesgos en accidentes viables.</b>                |
|--|
| Limites de velocidad.  |
| No realizar revisión tecnomecánica de los vehículos.             |
| Encontrarse en estados de alicoramiento.                         |
| No respetar las señales de tránsito.                             |
| Uso de sustancias sicoactivas                                    |
| No utilizar adecuadamente los elementos de protección vehicular. |

# Capítulo 3

## MÉTODOS TEÓRICOS DE SOLUCIÓN

A continuación, se describirán los métodos teóricos para la elaboración y solución de esta monografía:

### 3.1. Biomecánica

Es la ciencia que describe las lesiones desde su naturaleza traumatológica, por ende todos los mecanismos que conlleven cualquier tipo de afectación al momento de un accidente de tránsito, rama de ciencia en la que participan diferentes disciplinas como es la física, ingeniería y medicina, teniendo en cuenta el comportamiento de las energías al momento de su liberación, transformación o disipación; los cuales cumplen los siguientes principios:

- La energía no es creada ni es destruida, sin embargo, esta puede ser cambiada de forma (Principio de Conservación de energía).
- La energía Mecánica es la suma de la energía cinética más la energía potencial gravitacional más la energía potencial elástica.  $Ut = (mhg + \frac{mv^2}{2} + \frac{Kx^2}{2})$ .
- Otros tipos de energías se presentan, pero su cuantificación queda fuera del alcance de este tipo de estudios (Energía Calorífica).

Además, se fundamentan en las Leyes de Newton como:

- Un cuerpo en movimiento o un cuerpo en reposo tiende a permanecer en ese estado hasta que una fuerza actúa sobre él.(Primera Ley)
- La fuerza es igual a la masa por la aceleración (aceleración). (Segunda Ley).
- Toda acción tiene una reacción de igual intensidad y sentido opuesto.(Tercera ley de la dinámica) [9]

Los índices de siniestros vehiculares, según la agencia nacional de seguridad vial de Colombia, en el boletín estadístico del Huila, comprendido entre los meses de enero y noviembre de los años (2019-2020) “En lo que va corrido del año 2020 los siniestros viales en Colombia han dejado 4.741 personas fallecidas y 13.019 lesionadas. Esto representa una disminución del 20,13% en el total de muertos y una disminución del 59,03% en el total de lesionados, en comparación con el año anterior.

Estas cifras, en relación con el total de la población de Colombia, sitúan la tasa nacional de fallecidos en 9,41 por cada 100 mil habitantes y la de lesionados en 25,851, por cada 100 mil habitantes; siendo los usuarios de moto, las víctimas más afectadas, representando un 53 % del total de fallecidos y un 59,8 % del total de lesionados” [10].

Para los siniestros vehiculares se establece una clasificación de acuerdo con el tipo de choque de los vehículos involucrados, teniendo en cuenta la dirección del impacto de los atropellos, vuelco, colisiones por alcance, choques laterales y choques frontales.

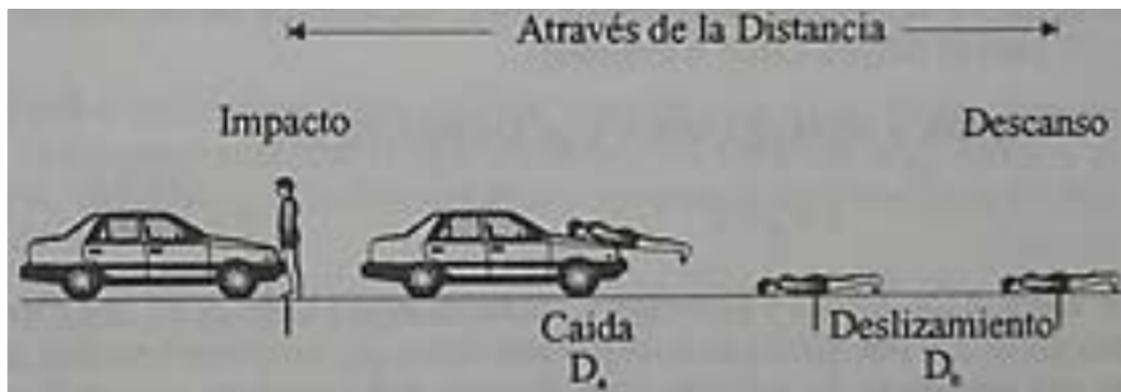


Figura 3.1: Movimiento de dos fases a través de la distancia de un choque entre peatón y vehículo de SCHMIDT Y NAGER. [11]

### 3.2. Colisiones entre la victima y el vehículo

Los choques frontales: estos ocurren cuando hay impactos entre el vehículo y un objeto de frente, el cual pueda reducir bruscamente su velocidad en la cual se encontraba, por ende, dependiendo de la magnitud del choque los pasajeros principalmente los que ocupan la parte delantera (conductor y pasajero) tienden a presentar un mayor porcentaje de lesiones traumatológicas pues los cuerpos tienden a seguir la trayectoria y velocidad consecutivamente ocasionaría el desplazamiento abrupto del cuerpo en disposición lumbar no natural baja, contra el salpicadero, pudiendo en describir las siguientes afectaciones:

- Fracturas conminutas de rótula.
- Fractura diafisaria a uno o más niveles de fémur.
- Posible fractura luxación .
- Fractura de metatarsianos.
- Fractura uní o bimalleolares. [9]

Este tipo de traumatología se producen también como el desplazamiento arriba y adelante, en consecuencia, el cuerpo se desplaza oblicuamente hacia la parte superior del vehículo, por lo tanto, el cráneo sufre luxaciones cráneo cervicales ya que la columna cervical retiene todo el impacto lo cual conlleva lesiones medulares.

**Choques laterales:** estos ocurren cuando hay colisiones o impactos a un lado del vehículo y tiene como característica que los involucrados se encuentren fuera del punto de impacto a la desaceleración, en efecto estos choques laterales presentan un mayor grado de mortalidad que

los choques frontales, estos traumas se relacionan con golpes laterales los cuales pueden explicar las siguientes fracturas:

- Fracturas en el hemitórax causando lesiones intratorácicas.
- Fractura de la pelvis.
- Lesiones craneoencefálicas.
- Rotura hepática.
- Rotura esplénica [9]

**Colisiones por alcance:** Este tipo de accidentes suceden a menudo cuando es chocado por detrás por otro automóvil, este tipo de colisiones debido a la gran fuerza generada el cuerpo del conductor (que generalmente se encuentra en reposo en sistema de referencia) tiende a dirigirse hacia delante en dirección de la fuerza, lo que conlleva que el tórax al recibir el impacto se fracture y en algunos casos debido a la mala posición del respaldo del asiento existan hiperextensiones que afecten el cuello de y la zona lumbar de los pasajeros.

**Los vuelcos:** Este tipo de colisiones ocurren cuando el automóvil gira en dirección vertical, debido a la relación de la distancia entre las ruedas, la altura del vehículo, la relación entre anchura y la altura del centro de gravedad, este tipo de colisiones afectan mayormente la cabeza, la cual es violentamente golpeada con el techo en caso de no tener cinturón de seguridad y depende los siguientes factores.

- Velocidad inicial.
- Numero de giros de 90°.
- El daño del vehículo el cual recibe el impacto.
- Elementos climáticos que pueden ser causantes de volcamiento o el accidente. [9]

Este tipo de eventos presentan comportamientos biofísicos y traumatológicos, por cuanto, el centro de gravedad del móvil rota en función del ángulo y la fuerza aplicada; el índice de mortalidad de este tipo de eventos es más elevado debido a que los individuos a bordo del vehículo son sujetos a fuerzas de compresión e inclinación excesivas al momento del vuelco hasta tal punto que todo objeto contundente (salpicadero, esquirlas, volante, techo, etc) representan un obstáculo con el cual el cuerpo puede lesionarse, es allí donde el cinturón de seguridad juega un papel importante para evitar ser expulsado del vehículo.

### 3.3. Atropellos: Vehículo - Peatón

El estudio accidentalológico evidencia que es necesario describir y categorizar por etapas del evento, y de las lesiones sufridas por el peatón.

1. Fase-impacto con el parachoques: Estas lesiones ocurren cuando el parachoques arremete violentamente sobre las piernas de peatón en la parte inferior del cuerpo, por ende la persona sufrirá la lesión dependiendo de la altura del choque.
2. Fase-impacto contra el borde de capó: Este tipo de golpe depende de la velocidad en la que se encuentre el vehículo, el cual chocará la cadera de peatón, consecutivamente arremeterá contra tórax, cabeza en el parabrisas por lo que en estas zonas cerebrovasculares cualquier tipo de trauma conlleva a graves lesiones.

3. Fase-impacto contra el suelo: Esto ocurre cuando el peatón impacta sobre la superficie del suelo causándole luxaciones articulares cervicales, las cual pueden afectar la cabeza, el tórax, la columna vertebral y consecutivamente de acuerdo con el desplazamiento del automóvil hay casos en donde el peatón es arrollado, ocasionándole aplastamiento de miembros y diversas laceraciones.

### **3.4. Colisión en los órganos humanos y un marco externo de referencia**

Estas lesiones ocurren a menudo por el choque de un móvil y los cuerpos que interactúan entre sí. Se dividen de las siguientes formas:

1. Las lesiones por comprensión: Este tipo de afectaciones se presenta cuando el cuerpo sufre un accidente en el que trasfiera la energía del impacto al tórax y abdomen, causando que los órganos se afecten por la presión de la columna vertebral.
2. Las lesiones por desaceleración: Este tipo de eventos ocurren cuando los órganos vitales son afectados por una desaceleración, originando que el torso reciba el impacto que conllevará a traumas, afectando partes internas del abdomen, desgarrando el hígado, los riñones; debido a la relación de fuerzas en función de la posición del individuo, la zona cerebrovascular puede verse afectada de acuerdo con los parámetros de desplazamiento, fuerza y resistividad al momento de la desaceleración.
3. Las lesiones por los cinturones de seguridad: Este mecanismo de protección permite reducir las traumatologías, frenando la desaceleración del impacto, sin embargo, es de vital importancia su localización, y que el cinturón se encuentre en una posición correcta por “debajo de la cresta ilíaca antero/superior y arriba del fémur”, [9] lo cual permite reducir la conmoción del impacto.

### **3.5. Accidentes de motocicletas y ciclomotores**

Las motocicletas por su naturaleza estructural al tener un alto centro de masa, dependen del equilibrio del conductor para una correcta movilización, su probabilidad de volcamiento es mayor que la de un auto, por ende al momento del choque describen un cuadro traumatológico generalmente descrito por (disposición cifótica) de la curvatura natural de la columna que ocurre en el momento de la desaceleración de la motociclista, por lo tanto es común que en este tipo de accidentes puedan producirse fracturas pélvicas, abducción forzadas de la cadera, fracturas en la clavícula, perforaciones pulmonares, trauma abdominal, de miembros inferiores, lesiones en columna torácica, lesiones craneoencefálica y demás contusiones.

### **3.6. Accidentes entre camiones y autobuses**

Los camiones grandes y autobuses difieren entre sí en la relación masa y altura, lo que significa que al momento de la colisión los vehículos más grandes son más inestables, inestabilidad que se nota al momento de cambiar de carril lo cual produce vuelcos a gran velocidad causando siniestros en las vías, por su parte el auto móvil es más pequeño en comparación con los dos móviles anteriores, por lo que sufre mayor daño y generalmente tiende a ser arrollado.

Desde la perspectiva de la biomecánica del comportamiento físico-newtoniano las relaciones

de la ley de inercia y ley de la conservación de la energía permiten descifrar cuales fueron las causas de los siniestros y su evolución, aun mas si incluimos otros factores fisiológicos que complementan los efectos al momento del choque en los pasajeros, tenemos un marco de referencia más completo con el que podemos interpretar cada accidente, con mayor argumentación al describir cuadros traumatológicos dependiendo de cada tipo de lesión.

### 3.7. Biomecánica Forense



Figura 3.2: Impacto frontal en la zona torácica del cuerpo humano biomecánica forense. [12]

La biomecánica forense desde su eje de estudio pretende explicar las consecuencias generadas en los cuerpos desde un ámbito traumatológico, el cual implica descomponer los diversos fenómenos físicos que generan cada una de las lesiones, con el fin de asociar y esquematizar un patrón característico para un determinado evento.

El ser humano desde el punto de vista termodinámico es un sistema abierto ya que importa energías y materia del medio que lo rodea por ende libera la energía en forma de calor y trabajo, entenderemos entonces que cada sustituto humano post mortem (postmortem human surrogates) P.M.H.S como un sistema particular de estudio no generalizado, lo que significa que a pesar que todos los cuerpo tengan una estructura anatómica similar, su variación poblacional-genética es diferente y se comporta de distas maneras, un ejemplo de ello es la identidad fisiológica de los cuerpos ya que nos permite conocer las características de los individuos biológicos y diferenciarlos del resto, pues es necesario definir su estado para describir su comportamiento referencial en un determinado evento.

La interpretación del suceso en cuestión requiere de enlazar los fenómenos físicos que se generan a partir del choque, siguiendo el esquema de causa-efecto para todo PHMS, lo que indica que es de vital importancia preservar su estado post mortem para así poder brindar una interpretación cercana a la realidad.

Variables como la presión, volumen y PH indican el nivel de descomposición del sujeto, por lo que el tiempo de descomposición juega un papel importante en la estructuración del proceso metódico forense.

Si consideramos el sistema óseo como un medio más de disipación de energía del cuerpo al momento de choque notaremos que está regido por parámetros de componentes físicos como compresión, tracción, flexión y torsión, los huesos presentan un ciclo constante de formación y reabsorción denominado remodelado óseo, el cual hace las veces de reparador tisular en la homeostasis del metabolismo fosfocálcico que permite renovar equilibradamente la estructura óseo.

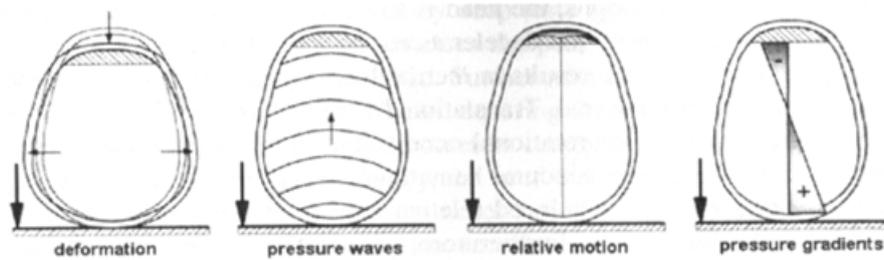


Figura 3.3: Relaciona la Biomecánica de la cabeza con los eventos sucesivos de: deformaciones de la cavidad craneal, ondas de presión, movimiento relativo del cerebro en el cráneo, gradiente de presión. [13]

A partir de la representación anterior podemos definir que los materiales biológicos se asocian a estructuras que en conjunto determinan una tolerancia en las áreas anatómicas, las cuales pueden ser afectados por diversas causas; en la siguiente imagen, las estrellas representaran un nivel de estudio y conocimiento en las regiones corporales.

|                    | Región corporal     | Mecanismo de lesión | Tolerancia al impacto |                               |
|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Cabeza             | Cráneo              | ★★★★                | ★★★                   |                               |
|                    | Cara                | ★★★                 | ★★                    |                               |
|                    | Cerebro             | ★★                  | ★                     |                               |
| Columna            | Vértebra            | ★★                  | ★                     |                               |
|                    | Médula espinal      | ★★                  | ★                     |                               |
| Tórax              | Caja torácica       | ★★★★                | ★★★★                  | Desconocido/<br>no disponible |
|                    | Corazón             | ★★★                 | ★★                    | ★                             |
|                    | Pulmones            | ★★★                 | ★                     | Hipotético/<br>inadecuado     |
| Abdomen            | Órganos sólidos     | ★★★                 | ★★★★                  | ★★                            |
|                    | Órganos huecos      | ★★                  | ★                     | ★★                            |
| Extremidades       | Fémur               | ★★★★                | ★★★★                  | Conocido en parte/<br>útil    |
|                    | Otros huesos largos | ★★★                 | ★★                    | ★★★                           |
|                    | Articulaciones      | ★★★                 | ★★                    | ★★★                           |
|                    | Músculos            | ★★                  | ★                     | Conocido/adecuado             |
| Órganos sensitivos | Piel                | ★★★                 | ★★                    | ★★★                           |
|                    | Otros               | ★★★                 | ★★                    | ★★★★                          |

Figura 3.4: Niveles de estudios por regiones corporales. [14]

A partir de la información de la tabla de niveles de estudios por regiones corporales se puede evidenciar que el sistema óseo presenta un conocimiento estructurado, conciso y diferencial, puesto que las componentes anatómicas requieren estudios que permitan conocer el nivel de gravedad, ya que el sistema óseo ofrece protección del sistemas internos importantes, como es el caso de la bóveda craneal que cubre el cerebro de cualquier contusión que se le pueda generar por fuerzas externas por ende es de vital importancia conocer su resistividad o robustez a impactos, es vital para la comprensión forense la cual permita aclarar la naturaleza del impacto, se puede inferir por medio de la tabla que el sistema nervioso central y los órganos huecos, por el contrario presentan un menor rango de estudio por parte de investigadores encaminados al análisis de los accidentes de tránsito.

## 3.8. Ecuaciones física en la Biomecánica

### 3.8.1. Aceleración

Es una componente fundamental al momento de estudiar los choques, si entendemos su comportamiento en las variables de la energía cinética, por ende, notaremos el trabajo realizado

por un cuerpo, en función del moviente, está dado por la multiplicación de la velocidad del cuerpo al cuadrado, dada por la ecuación:

$$Ec = \frac{1}{2}m * v^2$$

donde

$Ec$ = Energía Cinética (J).

$m$ = Masa (Kg).

$v$ = Velocidad (m/s).

Sabemos que los accidentes de tránsito dependen de la energía cinética, acumulada al momento del choque, la cual relaciona la masa y velocidad que lleva el vehículo.

### 3.8.2. Fuerza

Es una magnitud física que describe la interacción entre dos objetos como en los casos de los accidentes de tránsito los cuales puede causar cambios en el estado de movimiento o la forma de un objeto. En términos más simples, la fuerza es lo que causa que los objetos se muevan o cambien su velocidad o dirección de movimiento, así mismo la fuerza es una cantidad vectorial, lo que significa que tiene tanto magnitud (cuánta fuerza se aplica) como dirección (en qué dirección se aplica).

Por lo tanto, se expresa no solo en unidades de medida, como newtons (N), sino también con una dirección específica, la fuerza se calcula con la siguiente ecuación.

$$\vec{F} = m * \vec{a}$$

donde

$\vec{F}$  = Fuerza (N).

$m$  = Masa (Kg).

$\vec{a}$  = Aceleración ( $\frac{m}{s^2}$ ).

Si aplicamos la física cuando una fuerza actúa sobre un vehículo y provoca que este se desplace en la dirección de la fuerza, esta realiza un trabajo sobre el objeto, por lo tanto, el trabajo se realiza cuando la fuerza ejerce una influencia para cambiar la posición o la energía del móvil.

### 3.8.3. Trabajo

Es una medida de la cantidad de esfuerzo mecánico realizado para mover un vehículo o cambiar su energía. Puede ser positivo, negativo o nulo, dependiendo de la dirección de la fuerza y el desplazamiento en relación con la fuerza aplicada, por ende, cuando la fuerza y el desplazamiento tienen la misma dirección, el trabajo es positivo y aumenta la energía del objeto, por otra parte, cuando tienen direcciones opuestas, el trabajo es negativo y disminuye la energía del este; el trabajo se mide en julios (J) en el Sistema Internacional de Unidades.

La fórmula general para calcular el trabajo (W) realizado por una fuerza (F) que causa un desplazamiento (d) en la dirección de la fuerza es:

$$W = F * d \cos(\theta)$$

donde

W= El trabajo realizado en Julios (J)

F= La fuerza en newtons (N)

d= Distancia en metros (d) a lo largo donde se aplica la fuerza

$\theta$ = El ángulo entre la dirección de la fuerza y el desplazamiento.

Estas ecuaciones relacionan el trabajo realizado por fuerzas con la energía del sistema. La energía es una cantidad fundamental en la física que se conserva según el principio de conservación de la energía, lo que significa que no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra.

### 3.8.4. Energía

Es la capacidad de un sistema para realizar trabajo o transferir energía a otro sistema; por consiguiente, la energía (E) se define en términos de trabajo (W) de la siguiente manera:

$$E = W \tag{3.1}$$

Esta ecuación establece que la energía es igual al trabajo realizado en un proceso.

En otras palabras, el trabajo realizado sobre un sistema aumentará o disminuirá la energía del sistema, pero la cantidad total de energía se mantendrá constante.

Si un sistema no tiene fuerzas externas que realicen trabajo sobre él (es decir, si no hay entrada o salida de energía), entonces su energía total se mantendrá constante, esta relación se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera.

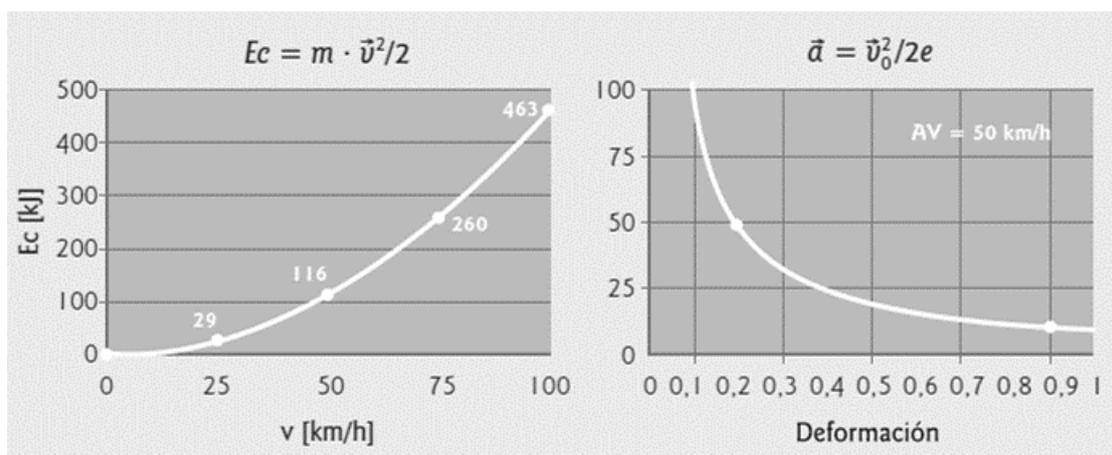


Figura 3.5: Curvas de energía y la aceleración. [14]

En la gráfica de la izquierda analizaremos el comportamiento del vehículo previo al choque, donde se puede observar que la curva de la energía cinética crece principalmente por la

velocidad que lleva el automóvil en una relación cuadrática, la gráfica de la derecha nos dará a conocer la desaceleración en relación con la deformación del siniestro vehicular.

La deformación está asociada a la energía potencial elástica que tiene todos los materiales y resta representada por la siguiente ecuación:

$$E_{pe} = \frac{1}{2} * k * x^2$$

donde

$E_{pe}$  = Energía Potencial Elástica.

$k$  = Constante del muelle Ley de Hooke.

$x$  = Distancia de estiramiento o deformación del vehículo.

## 3.9. Leyes de Newton en la Biomecánica

### 3.9.1. Primera Ley de Newton (Ley de Inercia)

En los accidentes automovilísticos se ven reflejados los principios físicos semejantes a las leyes de Newton, por lo que se hace importante entender los fenómenos que ocurren en los siniestros, como es el caso de la primera ley la cual establece que todo cuerpo en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme continuara su comportamiento al no ser que intervenga una fuerza externa, como es el caso de la colisión vehicular que al momento del choque recibe el efecto de una fuerza externa cambiando su estado de velocidad rectilíneo uniforme causando graves lesiones a los ocupantes.

### 3.9.2. Segunda Ley de Newton

Es la fuerza que actúa sobre un cuerpo que es igual a la variación de su cantidad de movimiento respecto al tiempo, que se expresan vectorialmente para la fuerza y aceleración, los casos accidentales lógicos, la masa y el comportamiento de la energía la aceleración se relacionara en el nivel de impacto del siniestro, en estos casos nos interesa expresarlos como equivalencias entre la cantidad de movimiento y el impulso mecánico.

$$\sum F = 0$$

$$F = m * a$$

Donde la aceleración esta dada por  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$\vec{F} = \vec{m} * \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\vec{F} * \Delta t = \vec{m} * \Delta v$  Cantidad de movimiento y el impulso mecánico.

### 3.9.3. Tercera Ley de Newton (Acción y reacción)

Cuando dos cuerpos interactúan entre sí, ejercen fuerzas una sobre otro, iguales en magnitud y dirección opuesta, cada fuerza actúa sobre el otro cuerpo, en esta ley actúan dos fuerzas en dos cuerpos distintos, estas dos fuerzas conocidas como acción y reacción son aquellas que

actúan en dos objetos como son los casos de los accidentes de tránsito, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\vec{F}_{A-B} = -\vec{F}_{B-A}$$

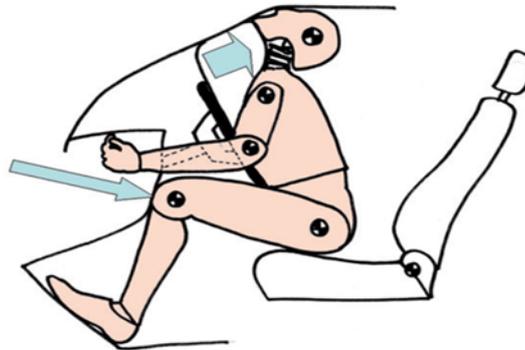


Figura 3.6: Diagrama de impacto frontal. [14]

Como podemos observar en la Figura 3.6 el momento del impacto se ve reflejado la acción y reacción de las fuerzas que actúan en los ocupantes del vehículo impactado debido a la desaceleración repentina, estas fuerzas dependen de la velocidad y la duración de colisión; las cuales pueden conllevar traumatologías en las zonas superiores e inferiores del conductor, como es el airbag el cual comprometen la parte frontal del rostro por el tablero del automóvil, por ende, el cuerpo puede sufrir un cuadro traumatológico complejo en las articulaciones, sobre todo en el cuello ya que puede ocasionar una rotura en ligamentos y músculos producto de un latigazo cervical.

### 3.10. Biomecánica en la Zona Craneal

Estudios realizados por el DANE permiten evidenciar que del total de muertes en Colombia el 40.4 % son por traumatismos cráneo encefálicos y el 15.9 %, son por causados por accidentes de tránsito. De acuerdo con los servicios de urgencia nacional el área con mayor frecuencia de lesión es la cabeza con un 70 %, el cuello y columnas cervical 9 % tórax y columna torácica 39 %, abdomen, pelvis y columna lumbar 16 %, extremidades superiores 35 %, extremidades inferiores 48 % [15]. El nivel de letalidad no es exclusivo de nuestro país, por lo que organizaciones como la OMS han elevado el nivel de alerta vial a las autoridades.

### 3.11. Anatomía Craneal

El cráneo está constituido de huesos irregulares y planos, los cuales brindaran protección al cerebro, el cual al momento del choque disipa la aceleración lineal ejercida, pero este comportamiento cambia si aplicamos una fuerza angular, ya que debido a la naturaleza ósea se produce el fenómeno de cizallamiento por lo que los huesos para evitar traumatismos cráneoencefálicos (TCE) graves absorben el impacto y redirigen la fuerza, pero si esta vence la capacidad de absorción el hueso se fisura, esto quiere decir que la zona craneal tiene ciertas propiedades de compresión y resistencia por medio de la unión de dos componentes fundamentales el hueso compacto y el hueso esponjoso; el primero está presente en la superficie periférica del cráneo y el segundo se encuentra debajo para brindar separación al proporcionar seguridad mecánica, todo esto conforma el sistema de amortiguamiento craneal, para evitar el efecto del latigazo cervical el cual puede afectar la zona superior ante una fractura.

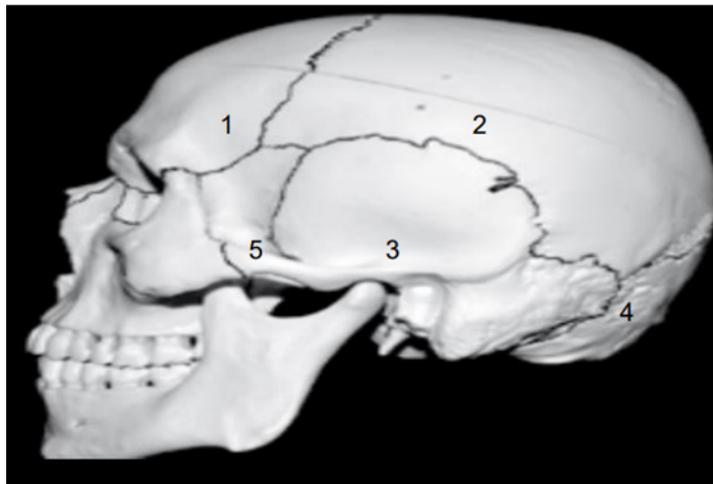


Figura 3.7: Imagen de la Bóveda Craneal. [16]

Cuadro 3.1: Categorización y definición de la bóveda craneal

| Huesos de la bóveda craneal | Definición   |
|-----------------------------|--|
| <b>Frontal</b>              | Es un hueso ancho y plano que se encuentra en la parte superior de macizo facial. (Hueso No.1. en la imagen 9).  |
| <b>Parietal</b>             | El hueso parietal es par y simétrico, tiene como principal característica ser parte del conjunto protector del SNC y la zona del encéfalo de cubrir al lóbulo parietal de la sensibilidad, este También es un punto de inserción para el músculo parietal y mantiene en su posición a la meninge. (Hueso número 2 en la imagen 9)  |
| <b>Temporales</b>           | Este hueso es par y simétrico se encuentra ubicado en la zona lateral del cráneo y su función es proteger el lóbulo temporal del cerebro. (Hueso número 3 en la imagen 9)  |
| <b>Occipital</b>            | Está ubicado en la zona posterior inferior. del cráneo, posee una forma poligonal, es uno de los huesos craneales y desempeña un papel crucial en la protección del cerebro, ya que forma la parte posterior de la cavidad craneal y proteja el centro de procesamiento visual de éste; También actúa como vía de conexión con la columna vertebral. (Hueso número 3 en la imagen 9) |
| <b>Esfenoides</b>           | También llamado hueso avispa( Murciélago), forma parte de la porción media e interna y zona ocular del cráneo, tiene como principal característica ser un hueso plano, con 6 perfiles o caras, las cuales protegen la estructura del sistema endocrinológico donde se encuentra la glándula pituitaria, la cual cumple con funciones importantes como la de regulación hormonal.     |

El cráneo posee un tipo de amortiguamiento que permite la protección de la masa cerebral y está compuesta por la duramadre, aracnoides y la piamadre donde se encuentra el líquido cefalorraquídeo que permite mitigar el golpe, de esta forma es afectado cuando este es impactado por diversas aceleraciones generadas por un cuerpo, en la cual cráneo puede sufrir deformaciones causando traumas craneales, en el que se ven afectados los huesos.

### 3.12. Traumas Craneales

Los traumas craneales son causados por accidentes vehiculares, impactos de balas, objetos corto-punzantes hasta caídas libres, pueden ser muchas las causas como por ejemplo el TCE cerrado o contuso, este tipo de lesión es por compresión o un golpe contuso directo, donde existe una aceleración o desaceleración en caso de ser accidentes frontales vehiculares o laterales en caídas libres, a continuación se define algunas lesiones que se presentan en los traumatismos craneoencefálico.

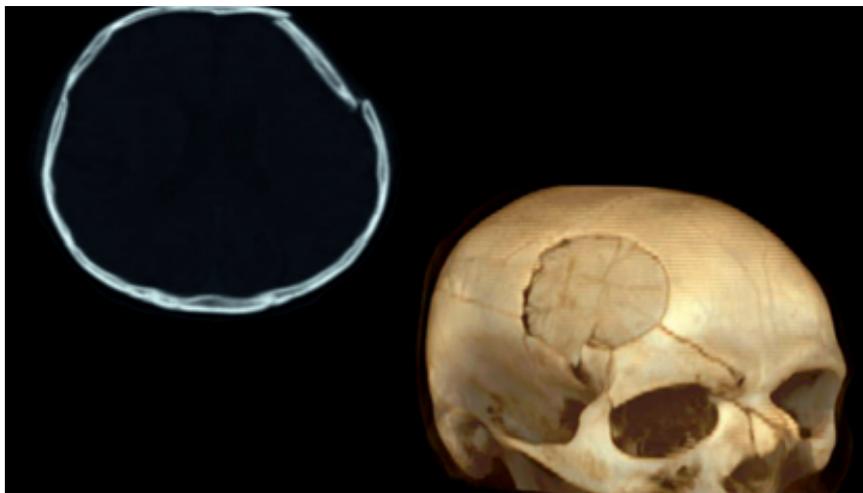


Figura 3.8: Fractura por impacto frontal derecho. [14]

**Daños cerebrales difuso:** Son (Plural o singular) un tipo de lesión causadas por la aceleración y desaceleración de fuerzas mecánicas, que producen traumatismos del cráneo encéfalo (CE) provocando lesiones por cizallamientos y vasculares, estos tipos de traumatologías son causadas por vehículos, caídas o golpes súbitos.

**Daños cerebrales focalizado:** Estas lesiones se encuentran caracterizadas por hematomas, contusiones que son habitualmente provocadas por accidentes automovilísticos, caídas y traumatismos causadas por la violencia.

**Fractura ósea basilar:** Este tipo de trauma causa la fractura de los huesos que circundan la base de cráneo, oreja, cavidad ocular y nasal afectados por grandes fuerzas físicas que impactan al individuo abruptamente.

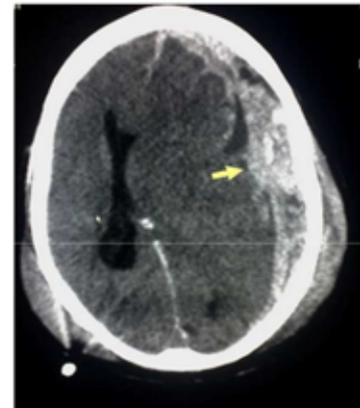
**Fracturas óseas en la bóveda craneal:** Este tipo de fracturas se produce cuando existe una lesión en la que se afecta las cinco partes de la bóveda craneal, produciendo daños en las arterias venas y tejidos internos o externos, por ende, dependiendo el tipo de golpe causado por el impacto existirá un daño cerebral.

**Fracturas óseas facial:** Se producen cuando afectan el área maxilofacial comprometiendo varias estructuras de huesos que conforman el rostro, que son afectadas por diversas causas.

**Fracturas Óseas abiertas:** Una fractura abierta se produce cuando hay una ruptura de los tejidos blandos exteriores e interiores de la cabeza y su hematoma se comunica con el entorno a través de un defecto traumático en los tejidos blandos circundantes que recubren la bóveda craneal.

**Fracturas óseas cerradas:** Fractura cerrada también denominada fractura simple, el hueso está quebrado, pero la piel permanece intacta y no hay conexión del hematoma interior con el exterior

| Tipo                 | Descripción   | Comentarios  |
|----------------------|---|--|
| <b>Epidural</b>      | Hemorragia por encima de la duramadre.              | - No asociado a daño cerebral  |
| <b>Subdural</b>      | Hemorragia por debajo de la duramadre.              | - Asociado o no a fracturas óseas<br>- Proporción de mortalidad por encima del 30% |
| <b>Intracerebral</b> | Acumulación localizada de sangre dentro del cerebro | - Distingible a través de tomografía cerebral                                      |



Hematoma subdural

Figura 3.9: Hematomas cerebrales. [13]

Los hematomas cerebrales son causados por la ruptura de un vaso sanguíneo que genera un sangrado interno en el cerebro, que genera una inflamación de tejido, que general aumenta la presión intracraneal del mismos.

# Capítulo 4

## ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente trabajo de grado tiene como principal característica tener un enfoque cuantitativo, por ende, pretende establecer relaciones entre las situaciones sociales y el comportamiento de las variables en el marco de la accidentología, para ello es necesario analizar el caso y estructurar un marco de lesión.

En el estudio realizado los autores citados se enfocan en la descripción de algunas propiedades y características biomecánicas presentes en cada uno de los huesos de la bóveda craneal, los cuales sirven como punto de partida para entender el proceso de disipación de las fuerzas desde un punto de vista traumatológico.

Las referencias se centran en estudios bibliográficos sobre diversos estándares científicos accidentológicos nacionales e internacionales, para la recolección de datos conceptuales y cuantitativos que permiten estructurar una base sólida de conceptos físicos biomecánicos, que nos permitirán conocer las variables aplicadas en el caso.

Con el fin de contrastar los informes de la población a nivel nacional y regional, se toma como referencia para hacer análisis de los factores de riesgos vehiculares en la ciudad de Neiva en la población Universitaria de la USCO mediante una encuesta, la cual nos permitirá conocer las principales causas que conllevan a los accidentes según la percepción de los encuestados. Por otra parte, este estudio pretende brindar un aporte al proceso investigativo de los casos que se trabajan en el grupo de investigación **SEMILLERO DE ACCIDENTOLOGÍA Y BIOFÍSICA**, que incluyan traumatologías de la zona craneal, para ampliar la visión y sustentación de los casos por medio de aplicación y herramientas tecnológicas como el programa Human Biodigital.

Para la recolección de los datos en la encuesta se utilizó la plataforma de GOOGLE FORMS, la cual nos permite realizar un análisis estadístico automático real de la posición de los encuestados, dotando de confiabilidad, eficacia y solidez a los parámetros sociales presentes en la metodología de esta monografía, posteriormente se muestran los resultados de la cuenta para complementar las conclusiones de este trabajo al conocer cuál es el factor de riesgo que más se repite según los encuestados.

# Capítulo 5

## RESULTADOS

### 5.1. Cálculos

Para aplicar los principios de la mecánica forense se analizó un siniestro vial real, en el cual se describieron las causas que determinaron la muerte del peatón en la información aportada en los actos urgentes, clasificando las causas probables, incluyentes, contribuyentes, determinantes y fijaron la probable velocidad en que se desplaza el vehículo involucrado que pudo generar el accidente de tránsito ocurrido el 21 de junio 2017.

Para este estudio se analizó la información aportada por los agentes de tránsito, donde se fijan las características del lugar de los hechos, señalizaciones, elementos de seguridad vial y los daños de los vehículos involucrados que estipula el formato de informe policial de accidentes de tránsito (IPAT) donde se plantean la hipótesis.

Con esta información los peritos establecen formulas y cálculos requeridos para determinar las variables físicas como distancia de: frenado, huella de arrastre y realizar el cálculo de la velocidad de acuerdo con los diferentes modelos matemáticos existentes en la literatura universal que se fundamenta el principio de conservación de energía.

Por último, se ajustará la causa de la muerte del peatón con la teoría de la biomecánica y se elaborará una simulación traumatológica de la bóveda craneal en un diagrama 3D de acuerdo con las lesiones del cráneo.

#### 5.1.1. Accidente investigado

De acuerdo con la información contenida en el Informe Policial de Accidente de Tránsito IPAT A 0015635, se trata de un accidente de tránsito tipo atropello de gravedad con un occiso, hechos ocurridos el lunes 12 de junio del 2017 a las 13:30, en la Carrera 9 No.1 - 57, del municipio de Neiva; en el evento de tránsito resulto involucrado un (01) vehículo tipo motocicleta.

### 5.1.2. Análisis de la Vía

Cuadro 5.1: Características del lugar de los hechos.

| CARACTERÍSTICAS        | DESCRIPCIÓN   |
|------------------------|---|
| LUGAR                  | Carrera 9 No. 1-57  |
| DISEÑO                 | Tramo de Vía.   |
| GEOMÉTRICAS            | Intersección.   |
| PENDIENTE              | Plano.  |
| UTILIZACIÓN            | Un sentido.   |
| CALZADAS               | Dos.  |
| CARRILES               | 5   |
| MATERIAL               | Asfalto viejo.  |
| ESTADO                 | Buena.  |
| CONDICIONES DE LA VÍA  | Con andén al lado derecho sentido norte-sur y sepeador al lado izquierdo del mismo sentido. |
| CONDICIONES CLIMÁTICAS | Normal en el día.   |
| ILUMINACIÓN ARTIFICIAL | Con iluminación, no aplica para la hora.  |

Cuadro 5.2: Señalización y Controles.

| SEÑALIZACIÓN           | CLASES Y CARACTERÍSTICAS        |
|------------------------|---------------------------------|
| VERTICAL               | Sin señalización.               |
| HORIZONTAL             | Sin señalización para la fecha. |
| DIAPOSITIVOS LUMINOSOS | No tiene.                       |

### 5.1.3. Elementos de seguridad en la Vía

|                  |  |
|------------------|--|
| Seguridad Activa | <b>No presenta.</b><br>Bandas sonoras, pasos de peatones elevados, peraltes de las curvas, distintos tipos de aglomerado, asfalto y señalización adecuada. |
| Seguridad Pasiva | <b>No presenta.</b><br>Pistas auxiliares de frenado y muros especiales de impacto, etc.  |

### 5.1.4. Vehículos involucrados

En el accidente, resultó involucrado el siguiente vehículo:

| CARACTERÍSTICAS | VEHÍCULO No.1   |
|-----------------|-----------------|
| CLASE           | Motocicleta     |
| CARROCERIA      | Sin carrocería. |
| MARCA           | BAJAJ           |
| LINEA           | BOXER CT100     |
| MODELO          | 2015            |
| COLOR           | Negro nebulosa  |



Figura 5.1: Modelo de la Motocicleta BAJAJ.

### 5.1.5. Participantes

| <b>PARTICIPANTE</b>           | <b>No.1 CONDUCTOR<br/>MOTOCICLETA</b> | <b>PEATON</b>      |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| NOMBRES Y<br>APELLIDOS        | Sujeto No.1                           | Sujeto No.2        |
| EDAD                          | 53                                    | 49                 |
| SEXO                          | Masculino                             | Masculino          |
| EMBRIAGUEZ Y/O<br>ALCOHOLEMIA | No se tomó muestra.                   | No hay resultados. |
| ESTADO                        | Lesionado                             | Muerto             |
| LICENCIA DE<br>CONDUCCIÓN     | Vigente                               | No aplica          |
| MULTAS Y<br>SANCIONES         | Para la fecha no registra             | No registra        |

Según el informe policial existen dos hipótesis las cuales se establecen:

1. Un posible cruce de peatón si observar la vía.
2. Posible exceso de velocidad del motociclista.

## 5.2. Cálculos y fórmulas involucradas

De acuerdo con el bosquejo topográfico aportado por los agentes de tránsito se procede a calcular la velocidad de vehículo motocicleta según el teorema de trabajo.

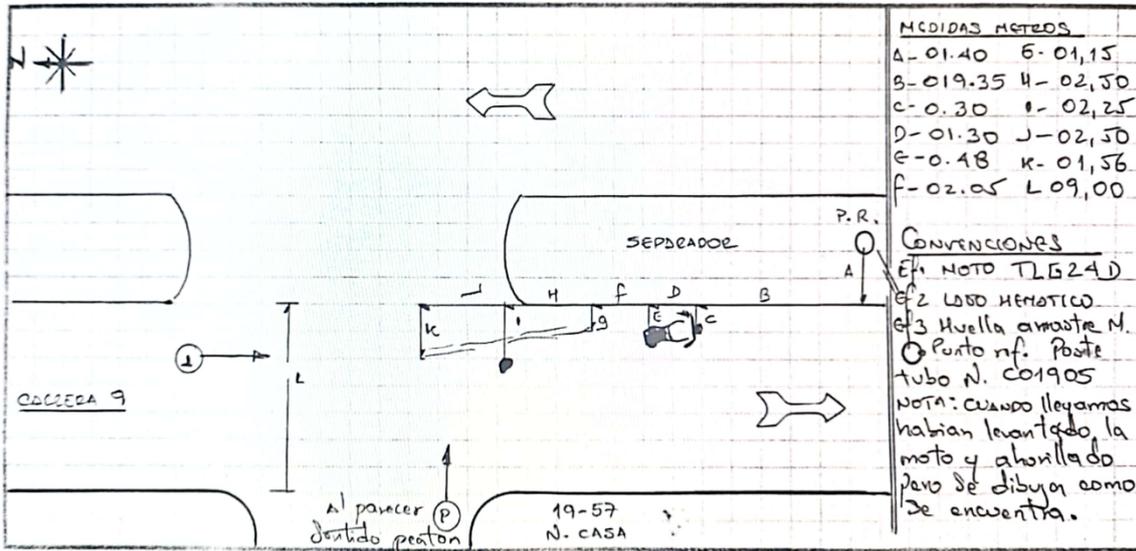


Figura 5.2: Bosquejo topográfico de accidente vial.

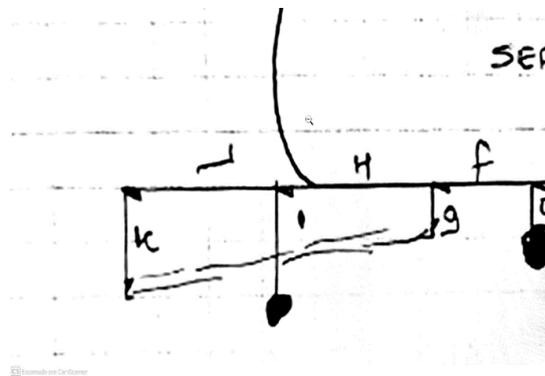


Figura 5.3: Distancia de arrastre metálico.

Calculo que se realiza para hallar la distancia del arrastre metálico, por medio del teorema de Pitágoras, En todo triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos". Es decir:  $a^2 = b^2 + c^2$

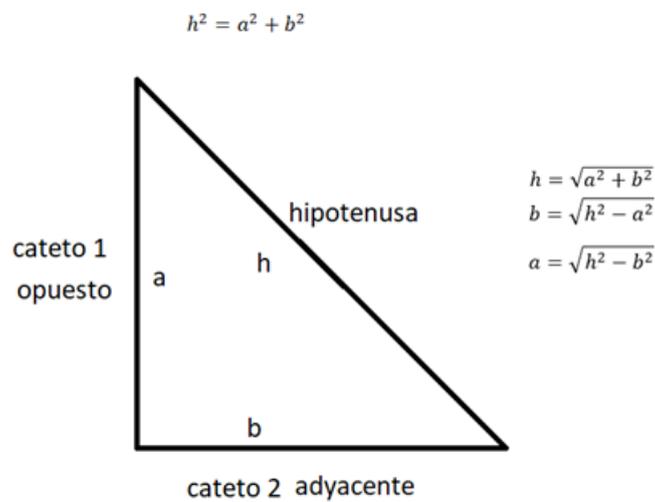


Figura 5.4: Teorema de Pitágoras.

### 5.2.1. Cálculo para hallar la distancia del arrastre metálico

Teorema de Pitágoras: Un triángulo rectángulo se compone de tres partes: se encuentran marcados en el diagrama como cateto a, cateto b y una hipotenusa, que es el lado opuesto al ángulo recto. La hipotenusa es siempre el más largo de los tres lados.

Típicamente, se denota el ángulo recto con un pequeño cuadrado, como se muestra arriba, pero esto no es necesario.

El Teorema de Pitágoras dice que la longitud de la hipotenusa al cuadrado es igual a la suma de los cuadrados de los dos catetos. [17]

donde:

$D$  = Distancia de la huella que estable como la hipotenusa del bosquejo topográfico.

$Y - Y$  = Cateto opuesto, el cual es la resta de acuerdo con el plano topográfico de las medidas (K, G) para un total 0.41 metros.

$X$  = Cateto adyacente, el cual es la suma de acuerdo con el plano topográfico de la suma de las medidas (H, J) para un total de 5 metros.

Utilizando la fórmula de la distancia entre dos puntos, se obtiene la distancia.

$$D = \sqrt{(X)^2 + (Y - Y)^2} \quad (5.1)$$

Reemplazando la fórmula (5.1) se tiene que:

$$D = \sqrt{(5)^2 + (0,41)^2}$$

$$D = \boxed{5,01m}$$

Se toma para el cálculo la distancia de la huella de arrastre metálico según lo calculo por el teorema de Pitágoras de 5 metros, medida fijada topográficamente, para realizar el cálculo de velocidad según el teorema de trabajo de la siguiente manera:

### 5.2.2. Fórmula de Trabajo

$$W = E_{kf} - E_{ki} \quad (5.2)$$

donde

$W$  = Trabajo.

$E_{kf}$  = Energía Cinética Final.

$E_{ki}$  = Energía Cinética Inicial.

Como el vehículo termina en su posición final a una velocidad de 0, por ende, el  $E_{kf}$  (Energía Cinética final) de este es igual a 0.

Esto explicado de modo que  $E_{kf} = \frac{1}{2}mv^2$ , y la velocidad final 0, todo numero multiplicado

por 0 es igual a 0.

Imagen n. fuerzas que actúan sobre un objeto en movimiento

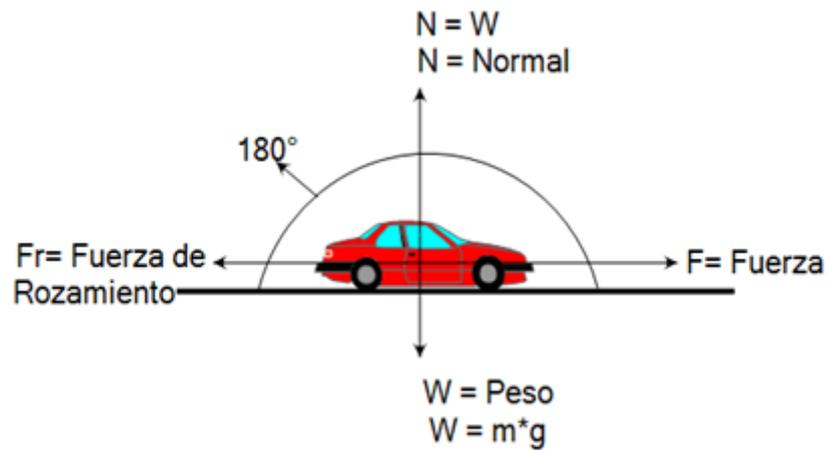


Figura 5.5: Diagrama de Fuerzas.

La ecuación del trabajo (W) se expresa de la siguiente forma:

$$W = F * d \quad (5.3)$$

donde

$W$  = Trabajo.

$F$  = Fuerza.

$D$  = Distancia.

Si se despeja la fuerza se tiene que:

$$F = \mu * N * d * \text{Cos}180 \quad (5.4)$$

donde

$\mu = Fr$  = Fuerza de rozamiento.

$n$  = Fuerza normal.

$$n = m * g \quad (5.5)$$

donde

$m$  = Masa.

$g$  = Gravedad.

Esto quedaría que la fuerza es:

$$F = \mu * m * g * d * -1$$

Si decimos que  $W = E_{kf} - E_{ki}$ , donde  $E_{kf}$  ser igual a 0, se tiene que  $W = -E_{ki}$ .

Luego si  $W = F * d$ , se igualan estas dos ecuaciones y quedarian de la siguiente manera:

$$-E_{ki} = -1 * (\mu * m * g) * d$$

$$-E_{ki} = -\mu * m * g * d$$

Se cancelan los signos negativos. Luego se la reemplaza la ecuación de energía cinética inicial.

$$\frac{1}{2} m * Vi^2 = \mu * m * g * d$$

Se eliminan las masas.

$$\frac{1}{2} * Vi^2 = \mu * g * d$$

Se pasa el dos a multiplicar.

$$V^2 = 2 * g * d * \mu$$

Para eliminar el cuadrado de la velocidad, se eleva el resultado de  $V$  a la  $\frac{1}{2}$  ósea se coloca raíz cuadrada, quedando el despeje de la siguiente manera donde se obtiene la ecuación de velocidad.

### 5.2.3. Ecuación de la Velocidad

$$V = \sqrt{2 * g * d * \mu} \quad (5.6)$$

Velocidad en la cual empieza a desacelerar la motocicleta.

A continuación se tienen unos valores para determinar la velocidad (V).

Datos

$d$  (distancia de la huella) = 5 metros.

$\mu$  (Coeficiente de fricción) =  $0,35 < \mu < 0,50$  para arrastre metálico.

$g$  (gravedad)  $9,8 \frac{m}{s^2}$

Factor de conversión a kilómetros por hora =  $3,6 m/s$

Remplazando los valores obtenidos.

$$V = \sqrt{2 * 9,8 * 5 * 0,35}$$

$$V = 5,86 * 3,6$$

$$V = 21,08 Km/h$$

Con coeficiente de fricción de 0.50

$$V = \sqrt{2 * 9,8 * 5 * 0,50}$$

$$V = 7 \text{ m/s}$$

Luego,

$$V = 7 * 3,6$$

$$V = 25 \text{ Km/h}$$

Velocidad promedio:

Velocidad= 23 Km/h Los coeficientes de fricción tenidos en cuenta son los establecidos por Fuente (IRURETA, 2003)

### 5.3. Análisis traumatológico del caso

Los cálculos realizados para determinar la velocidad por la cual el peatón fue impactado determino que el motociclista transitaba a una velocidad promedio de  $23 \text{ km/h}$ , el peatón como consecuencia del impacto fallece a los dos días del accidente.

La necropsia revela los siguientes hallazgos:

1. Buen estado general del cuerpo.
2. Trauma cráneo encefálico.
3. Fractura de base y bóveda craneal.
4. Hematoma subdural agudo hemisferio derecho.
5. Contusión y edema cerebral.
6. Edema pulmonar.
7. Contusión en muslo izquierdo.

El médico forense establece en el informe de la necropsia que el peatón muere por un trauma cráneo encefálico severo, producto de un latigazo cervical, afectando cabeza y sistema nervioso central.

1. El cuerpo se encontraba en un buen estado, se recibió el cuerpo en una camilla metálica, que se depositó en la nevera de la morgue de medicina legal de la ciudad de Neiva, posterior mente el cadáver fue embalado en bolsas plásticas blancas, se establece que el fallecido se encontraba frio al tacto, rigidez generalizada y livideces dorsales.
2. Trauma cráneo encefálico producido por un latigazo cervical en el momento del choque motociclista peatón causando un movimiento repentino de la cabeza y el cerebro que fue letal para el peatón produciéndole diversas fracturas, hemorragias y contusiones.

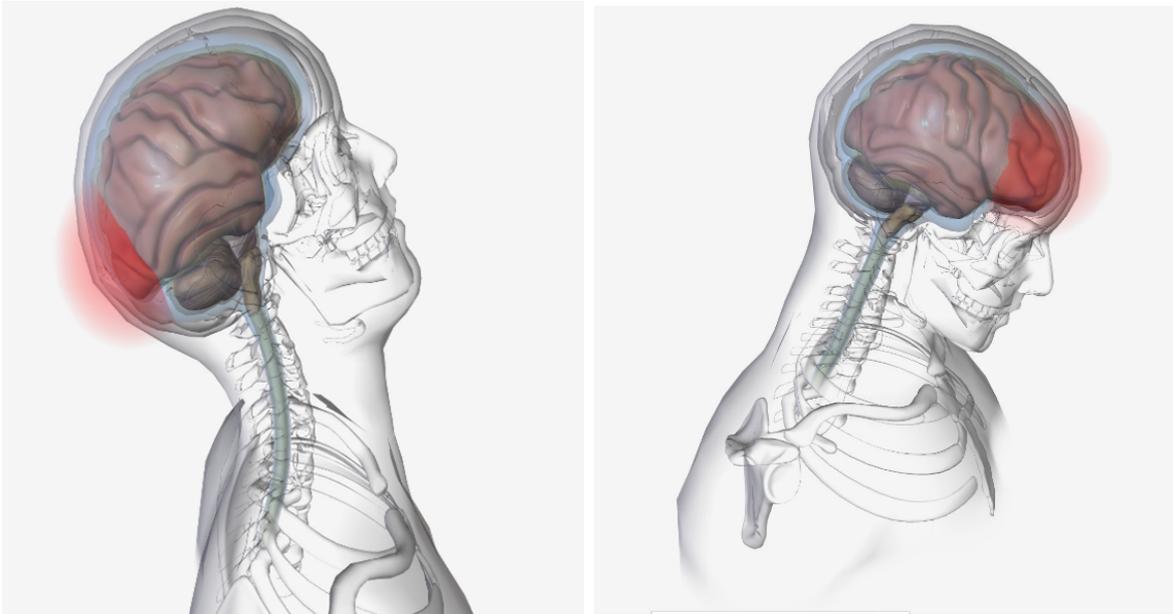


Figura 5.6: Render 3D por lesión de latigazo vertical.

La lesión por latigazo cervical es un tipo de trauma que ocurre cuando el cuello se balancea con fuerza hacia adelante y hacia atrás.

Las lesiones por latigazo cervical suelen surgir de accidentes de vehículos de motor, caídas o golpes en la cabeza mientras practican deportes.

El cerebro está cubierto por tres cubiertas, llamadas meninges, y una capa protectora de líquido cefalorraquídeo.

Estas estructuras mantienen el cerebro apoyado y flotando dentro del cráneo.

Durante una colisión a alta velocidad, el cerebro y el cráneo se mueven juntos hasta que el cuerpo golpea la resistencia y se detiene repentinamente.

Después de que el cuerpo se detiene, el cerebro continúa moviéndose hasta que choca con fuerza con el interior del cráneo.

El daño cerebral causado por una lesión de latigazo cervical puede ocurrir en el punto inicial de impacto (lesión de golpe) o donde el cerebro rebota hacia atrás y golpea el lado opuesto del cráneo (lesión de contrecoup).

Cuando el cerebro golpea el cráneo, las neuronas (células cerebrales) son estiradas, esquiladas o transecadas (cortadas en pedazos).

Las neuronas dañadas no pueden transmitir de manera efectiva las señales cerebrales, lo que lleva a síntomas como desorientación, incapacidad para enfocar, deterioro de la memoria, dificultad para hablar y tropiezos.

1. Fractura de base y bóveda craneal se produjo a causa del traumatismo severo en el momento del impacto con la motocicleta o la caída del peatón, y de acuerdo a una investigación de la universidad CES de Medellín en la facultad de medicina establece que el TCE está presente en el 70 % de los accidentes viales, los cuales tienen como tendencia los accidentes en

motocicleta en un 43.9 % en este tipo trauma.

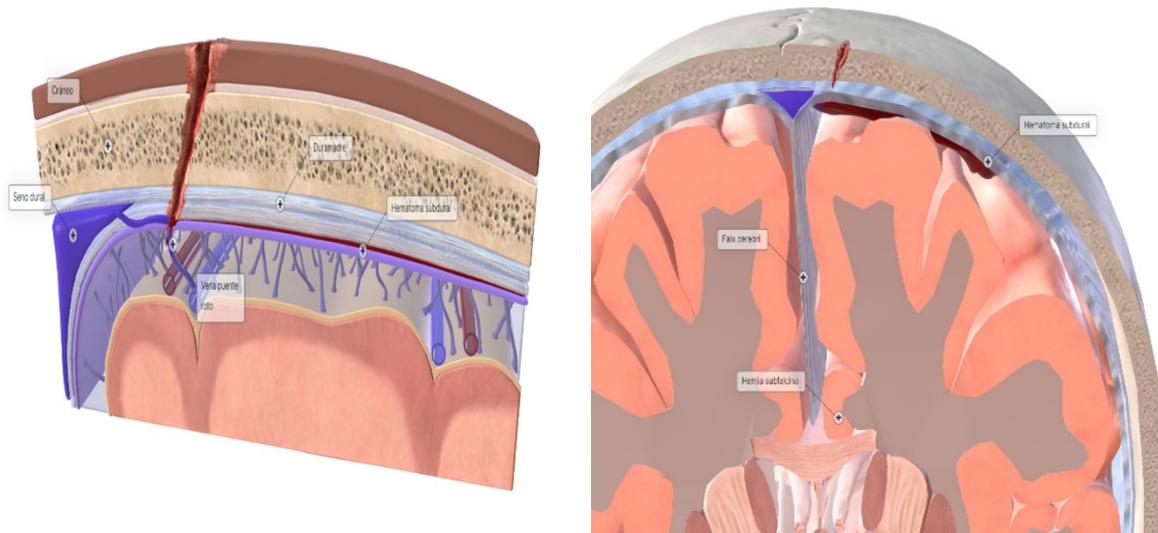


Figura 5.7: Fractura del cráneo

1. Hematoma subdural agudo hemisferio derecho la cual fue causada por una lesión en la cabeza en el accidente vial, lo cual este puede producir hemorragias por las lesiones en los vasos sanguíneos.

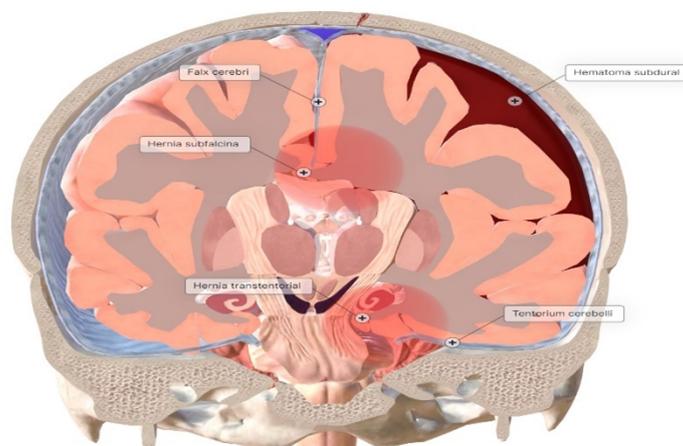


Figura 5.8: Hematoma subdural agudo hemisferio derecho

La hemorragia subdural (hemorragia). La sangre que se acumula entre la duramadre y la aracnoidea se denomina hematoma subdural.

Los hematomas subdurales también son comunes en pacientes de edad avanzada que toman medicamentos para prevenir la formación de coágulos sanguíneos (anticoagulantes).

El aumento de la presión de los hematomas subdurales puede provocar cambios en los tejidos del cerebro(hernias cerebrales).

Un tipo común de hernia cerebral se caracteriza por el movimiento del tejido cerebral por debajo del pliegue medio de la duramadre (falx cerebri). Este tipo se denomina hernia cerebral subfalcina.

También es común que el cerebro se mueva a través del pliegue dural (tentorium cerebelli) que separa la parte inferior del cerebro (cerebelo) de la parte superior del cerebro (cerebro).

El tejido cerebral que se mueve a través del tentorio cerebelo se denomina hernia transtentorial. Las hernias transtentoriales pueden provocar un aumento de la presión sobre el tronco encefálico.

1. Contusión y edema cerebral causado por un traumatismo en el cerebro, donde se produjo una contusión que ocasiono una lesione en los tejidos del cerebrales en el cual fue producto de un latigazo cervical.

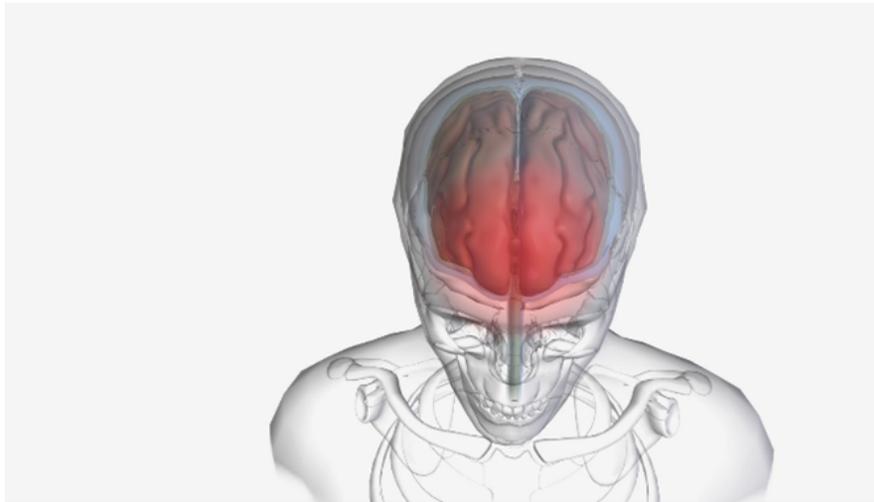


Figura 5.9: Contusión y edema cerebral

Finamente se utilizó el programa Human Biodigital para ilustrar algunos traumatismos, hematomas y fracturas de la zona craneal al momento del accidente de tránsito, en el cual una persona adulta de 57 años pierde la vida por un TCE los cuales se encuentran publicados en la siguiente página <https://human.biodigital.com/view?id=5EmV&lang=es&ref=share>

# Capítulo 6

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó una encuesta con el objetivo de conocer la percepción de los huilenses en algunos factores de riesgos viales que pueden ser fatales en un accidente de tránsito, para corroborar la estadística comparativa de ANSV (Figura 2.1) en la que estipula que las motocicletas son las más propensas a sufrir un accidente de tránsito, además se quiere establecer si las personas encuestadas también perciben que la cabeza (zona craneal) es la región del cuerpo con mayor fatalidad en un siniestro vial.

La encuesta se aplicó a 155 personas donde todos estuvieron de acuerdo a compartir su opinión aceptando el consentimiento informado; los resultados alcanzados en la encuesta fueron los siguientes.

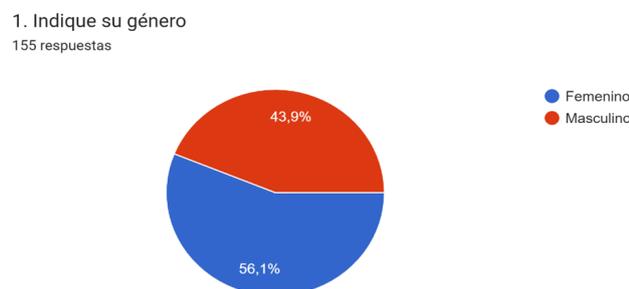


Figura 6.1: Pregunta 1 de la encuesta.

De acuerdo a la Figura 6.1, el 56,1% del género femenino corresponde a 87 mujeres y el masculino con un porcentaje del 43,9% el cual corresponde a 68 encuestados.

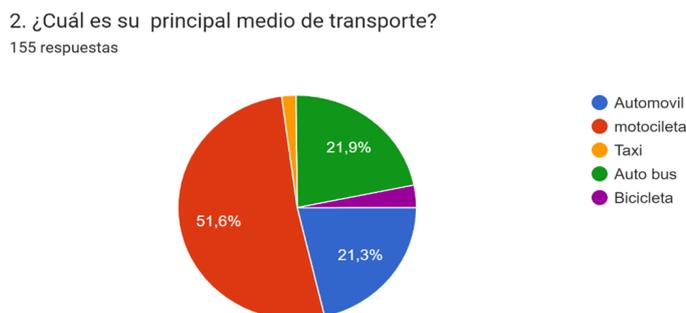


Figura 6.2: Pregunta 2 de la encuesta.

Como se evidencia en la Figura 6.2 el medio de transporte más usado en la región de Huila son las motocicletas con un porcentaje de 51,6% equivalen a 80 encuestados, por otro lado, se evidencia que el autobus es el segundo medio transporte que mas utilizado con un porcentaje de 21,9% que corresponde a 34 encuestados, en tercer lugar, le sigue el automóvil con una tasa representativa 21,3% que se relaciona con 21 encuestados, por último se tiene que los medios de transporte menos utilizados son las bicicletas con un porcentaje de 3,2% corresponde a 5 encuestados y taxis con 1,9% que equivale a 3 encuestados, podemos decir que al ser la motocicleta el medio de transporte más usado es más probable a sufran accidentes de tránsito como lo establece la ANSV.

3. ¿Alguna vez se a transportado en motocicleta; cómo?

155 respuestas

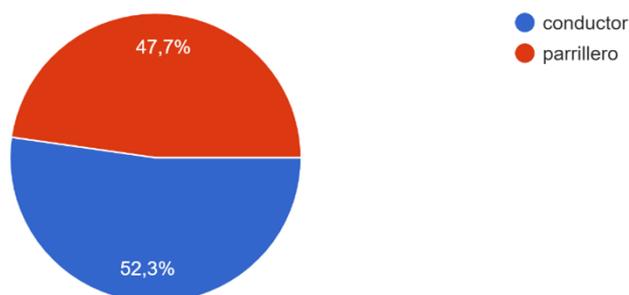


Figura 6.3: Pregunta 3 de la encuesta.

En la Figura 6.3, el 52,3% de encuestados son conductores de motocicletas el cual equivale a 81 personas y 47,7% son parrilleros representando a 74 encuestados.

4. ¿Obedece las normas tránsito?

155 respuestas

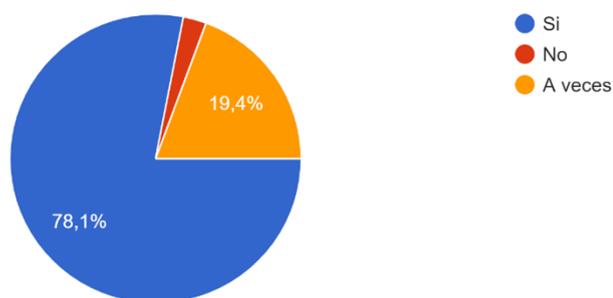


Figura 6.4: Pregunta 4 de la encuesta.

La Figura 6.4 tiene que un 78,1% obedecen las normas de tránsito que corresponde a 128 encuestados, por el contrario un total de 19,4% dependiendo de la situación obedece o no las normas de tránsito siendo esta última de un 2.6% que corresponde a 4 encuestados. Con esto se obtiene que la mayoría de las personas que respondieron la encuesta perciben que si cumplen con normas viales estipuladas caso contrario del 22% que irrespetan las normas pudiendo desencadenar accidentes de tránsito fatales.

5. ¿Usted porta los elementos de seguridad vial cuando se transporta en motocicleta o auto?( señale los elementos que usa).

155 respuestas

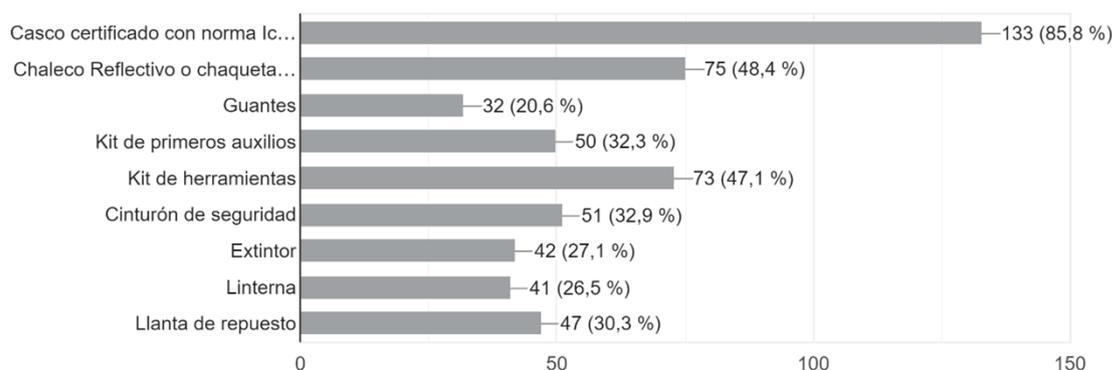


Figura 6.5: Pregunta 5 de la encuesta.

La Figura 6.5 corresponde a una pregunta de casillas de verificación en la cual podemos observar que para los encuestados que tienen motocicletas consideran que el elemento de seguridad vial mas utilizado es el casco certificado junto al chaleco reflectivo o chaqueta protectora para el caso de las motos con un 85,8 % para el primero y para el segundo 48 %, lo que coincide con los parámetros de seguridad al momento de conducir o transportarse en una motocicleta y lo anterior evidencia que para los usuarios de este medio de transporte la zona superior del cuerpo es de vital importancia y debe de ser protegida para evitar una lesión o trauma, por otro lado los guantes los 150 encuestados no los consideran como un elemento esencial de seguridad pues solo representa un 20,6 %.

En el ámbito automovilístico el cinturón de seguridad es de vital importancia para un conductor ya que evita ser expulsado del vehículo, mantener su cuerpo pegado al reposacabezas ayudando a disminuir el impacto del latigazo cervical y el efecto de golpe y contra golpe pero ha sido una sorpresa saber que para los encuestados este no es un elemento de seguridad indispensable de uso frecuente pues es tan solo de 32,9 % prefiriendo tener el kit de herramientas y los otros elementos de porte obligatorio que portar el cinturón debidamente.

6. ¿A transitado bajo efectos de sustancias alucinógenas o alcohólicas ?

155 respuestas

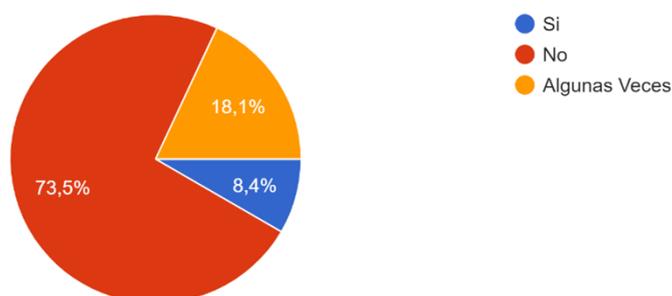


Figura 6.6: Pregunta 6 de la encuesta.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, en la Figura 6.6 se establece que un 73.5% correspondiente a 114 encuestados no han transitado bajo sustancias alucinógenas ya que saben que este tipo de sustancias presentan un grado elevado de detrimento sensorial y pueden ocasionar accidentes de tránsito fatales alterando la visión y la capacidad de respuesta ante imprevistos viales, por el contrario, tan solo 26,5% si o algunas veces han transitado bajo los efectos de estas sustancias.

7. ¿ Realiza anualmente la revisión tecnomecánica al vehículo?

155 respuestas

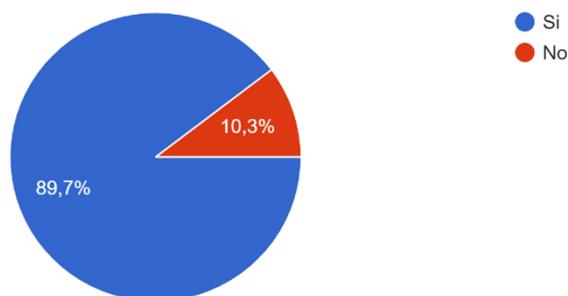


Figura 6.7: Pregunta 7 de la encuesta.

Conforme a los resultados obtenidos en la Figura 6.7 se establece que un 89,7% que corresponde a 139 de los encuestados si realizan la revisión tecnomecánica anualmente a los medios de transporte tal cual como lo estipula la ANSV ya que este tipo de revisión evita siniestros viales al brindar seguridad en cada uno de los parámetros mecánicos del vehículo y en un porcentaje mucho menor de 10,3% de 16 encuestados no cumple anualmente este tipo de revisión.

8. ¿ Al subir o bajar de un vehículo de transporte público, utiliza los paraderos demarcados por las autoridades para tal fin?.

155 respuestas

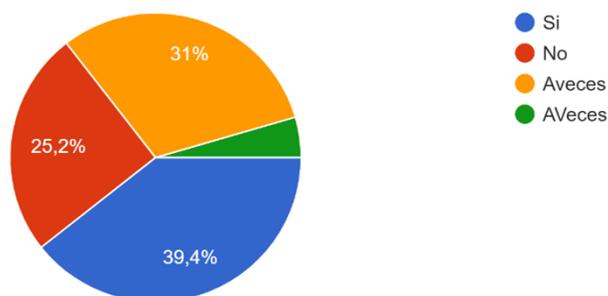


Figura 6.8: Pregunta 8 de la encuesta.

En la Figura 6.8 se establece que un 39,4% que corresponde 61 de los encuestados si utilizan los paraderos demarcados por la autoridades al momento de subir o bajar de un vehículo y esto se debe a que en el departamento no existen paraderos suficientes para articular debidamente el proceso de cargue y descargue de pasajeros en las busetas, esto ocasiona micro embotellamientos y afanes en los transportadores en la malla vial fomentando caos vehicular que puede llevar a situaciones de atropellamientos debido a la intolerancia de las personas y el 25,2% que equivalen

a 39 encuestados arriesga su integridad al no bajarse o subirse en los sitios designados , si se suman los dos datos estadísticos restantes 39,4% (61 encuestados) y el 4.5% (7 encuestados) nos da un total de 43,9% para un marco general de 68 encuestados que algunas veces usan los sitios designados de seguridad.

9. ¿Cómo cree usted que se encuentra el estado de las vías en la ciudad de Neiva ?

155 respuestas

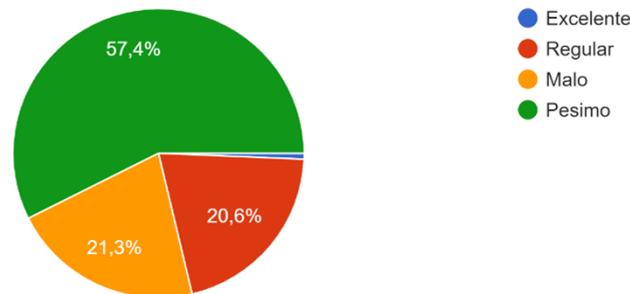


Figura 6.9: Pregunta 9 de la encuesta.

En la Figura 6.9 se tiene que un 57,4% que equivale 89 de encuetados establece que las vías de la ciudad de Neiva se encuentran en un estado pésimo si analizamos el impacto del estado de la malla vial de acuerdo a la percepción de los 155 encuestados solo un 0,6% del 100% que equivale a una sola persona aseguró que el estado de las vías estaban en excelente estado lo cual muestra la preocupación de los usuarios al transitar por las vías en mal estado y esto probablemente acentúa la cifra de accidentabilidad (imagen 2) de la ANSV en las motocicletas debido a que este tipo de transporte tiene un centro de gravedad mas alto y un menor superficie de contacto lo que quiere decir que ante una carretera con irregularices puede perder el control del vehículo produciendo accidentes fatales .

10. ¿Respetan los limites de velocidad en las vías?

155 respuestas

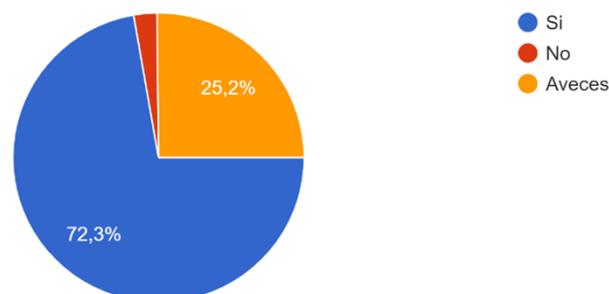


Figura 6.10: Pregunta 10 de la encuesta.

En la Figura 6.10 se estable que un 72,3% que equivale 112 de encuestados si respetan los límites de velocidad en las vías, ya que es indispensable mantener un rango de velocidad promedio que le permita al conductor maniobrar el vehiculó, por el contrario un 25,2% y 2,6% que equivale 39 y 4 personas encuestadas establecen que algunas veces o no respetan los límites de velocidad.

Durante la encuesta algunos de los participantes estipularon que no podían transitar con mayor tranquilidad debido al estado de las vías puesto que no les permitía movilizarse adecuadamente.

11. ¿Cuál de los siguientes métodos de transporte cree usted que es más propenso a sufrir accidentes de tránsito letal?  
155 respuestas

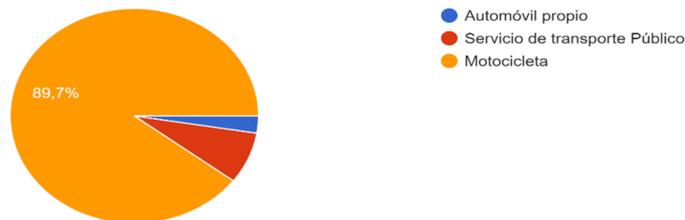


Figura 6.11: Pregunta 11 de la encuesta.

En la Figura 6.11, el 89,7% de los encuestados creen que la motocicleta es el vehículo más propenso a sufrir accidentes de tránsito letal ya que la mayoría de los accidentes son por imprudencia de los conductores al no llevar casco, o por estar en efectos bajo el alcohol.

12. ¿A sufrido usted a algún accidente de tránsito ?  
155 respuestas

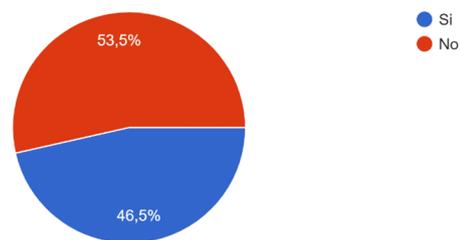


Figura 6.12: Pregunta 12 de la encuesta.

En la Figura 6.12 se establece que 53,5% que equivale a 83 de los huilenses encuestados no han sufrido un accidente de tránsito y 46,5% que corresponde a 72 personas que a causa de diferentes factores de riesgo viales si han sufrido algún tipo de accidente vial.

13. ¿Cual de las siguientes regiones del cuerpo Humano considera usted es la que presenta mayor riesgo fatalidad en un accidente de tránsito?.  
155 respuestas

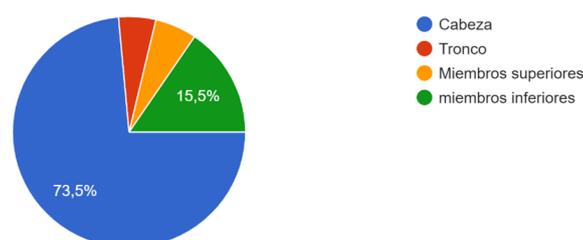


Figura 6.13: Pregunta 13 de la encuesta.

En esta última pregunta de la encuesta se corroboró si en los huilenses percibían que la cabeza es una de las regiones del cuerpo humano que presenta mayor riesgo de fatalidad en un accidente de tránsito ya que en la ciudad de Medellín un estudio echo por la universidad CES tecnológica en atención hospitalaria establece que el trauma craneo encefálico representa un 70% de todos los casos de urgencias y la mayoría de ellos a son causados por los accidentes de tránsito en un 51.2%. De acuerdo con nuestra indagación de percepción en el Huila un 73,5% que equivalen a 144 encuestados esta de acuerdo que la cabeza (Zona craneal) es la región de mayor fatalidad del cuerpo seguida por los miembros inferiores con un 15,5% representando a 24 encuestados y por último miembros superiores e inferiores con tan solo 9 y 8 respuestas respectivamente, esto evidencia que la zona craneal es la zona de mayor preocupación en un accidente de tránsito debe ser estudiada y tenida en cuenta a mayores estudio que garanticen su seguridad.

# Capítulo 7

## CONCLUSIONES

Se corroboró que el accidente que más causa dificultades económicas, sociales y traumatológicas en la zona craneal son las motocicletas puesto que se encontraron estadísticas regionales, nacionales e internacionales las cuales evidencian que este tipo de accidentes son los más comunes en la población, también se comparó en la encuesta de percepción las estadísticas aportadas por la ANSV y se concluyó que este tipo de siniestros son los más letales y comunes también en la región del huila.

Se pudo realizar un análisis físico, matemático a los elementos materiales probatorios fijados en los actos urgentes de las evidencias registradas en la fijación topográfica del informe policial del accidente de tránsito donde se obtuvo el resultado como la distancia, la velocidad aceleración y tiempo para poder analizar el tipo de lesión con su respectiva traumatología de la zona craneal.

Se aportaron simulaciones en la cuales se combina la física y la tecnología por medio del programa Human biodigital studio el cual le permite al semillero con este trabajo de grado dar un mayor análisis traumatológico a los accidentes de tránsito.

## Capítulo 8

# RECOMENDACIONES

Este trabajo une la razón investigativa del semillero de accidentología con los estándares internacionales de la globalización, por ende, requiere equipos de alto desempeño para poder modelar los parámetros de diseño traumatológico, por lo que el apoyo institucional debe ser crucial en este tipo de espacios para que el programa de física puedan generar venta de servicios a otros programas o entidades del sector salud mediante convenios investigativos que pueden extenderse a planeaciones de proyectos a gran escala que permitan visibilizar a la Universidad Surcolombiana como una institución de vanguardia en la reconstrucción de accidentes de tránsito más fieles a la realidad.

Se recomienda que el programa de física hacer una invitación a los estudiantes a que considere el amplio portafolio tecnológico para el uso de la reconstrucción de accidentes de tránsito.

# Referencias

- [1] Santiago Delgado Bueno, Domingo Montes de Oca Hernández, and Néstor Pérez Mallada. Biomecánica en la valoración médico legal de las lesiones. 2012.
- [2] Eduardo Arturo Ruiz Allende. Modelado de fractura del cráneo bajo condiciones de impacto. 2017.
- [3] A. O. García. Accidentes de tránsito, investigación y reconstrucción. 2016.
- [4] Katherine Andrea Zapata Zapata, Cindy Melissa Sanchez Monsalve, Juan Esteban Calderón Urrego, and Stefany Garcés Piedrahita. *Factores involucrados en accidentes de tránsito relacionados con el trauma encéfalo craneano*. PhD thesis, Universidad CES, 2016.
- [5] Fasecolda. Costos de la accidentalidad vial en colombia. 2018.
- [6] BLANCA MARIA LARA SUAREZ, YIVY SALAZAR PARRA, and MARIA TERESA OLAYA LEGUIZAMO. Características epidemiológicas de los accidentes por moto ocurridos en el área urbana del municipio neiva 15 de octubre al 15 de diciembre de 2001.
- [7] C. Manchola. Neiva, en top de mayor aumento en accidentalidad vial. la nación, la noticia independiente, págs., 1 de Agosto de 2021.
- [8] ansv.observatorio01. Agencia nacional de seguridad vial, 2021-2022.
- [9] A Hernando Lorenzo and M Calvo Menchaca. Biomecánica del accidente de tráfico. *Documento en línea. Disponible en*, 1999.
- [10] J. C Luis Felipe Lota. Boletín estadístico huila, fallecidos y lesionados. a.n.s.v, huila. *Bogotá: Observatorio Nacional De Seguridad Vial*, 2020.
- [11] M J. A Murrieta Fournier. Investigación y reconstrucción de atropellamientos o atropellos. *Bogotá: Observatorio Nacional De Seguridad Vial*, 2014.
- [12] Luis Alberto Bosio, Roberto Víctor Cohen, and Norberto López Ramos. Accidentología vial: elementos de estudio forense. *Cuadernos de Medicina Forense Argentina*, pages 55–66, 2009.
- [13] U. D Valladolid. La biomecánica del impacto. biomecánica de la cabeza. *Valladolid , Castilla y Leon , España : UVA ediciones*, 2016.
- [14] Santiago Delgado Bueno, Domingo Montes de Oca Hernández, and Néstor Pérez Mallada. Biomecánica en la valoración médico legal de las lesiones. 2012.
- [15] Francisco Guzmán. Fisiopatología del trauma craneoencefálico. *Colombia Médica*, 39(3):78–84, 2008.

- [16] Eduardo Arturo Ruiz Allende. Modelado de fractura del cráneo bajo condiciones de impacto. 2017.
- [17] A Sánchez. Guao.