



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 7 de junio de 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

German Andrés Ramón Parra, con C.C. No. 1075318995

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado Titulado **IMPORTANCIA DE LA INFORMACION QUE GUARDA LOS DAÑOS DE UN VEHICULO SINIESTRADO MEDIANTE EL USO Y MANEJO DE LA PLATAFORMA EYESCLOUD3D** 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.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN**

**CÓDIGO**

**AP-BIB-FO-06**

**VERSIÓN**

**1**

**VIGENCIA**

**2014**

**PÁGINA**

**2 de 2**

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.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: German Andrés Ramón Parra

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



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: IMPORTANCIA DE LA INFORMACION QUE GUARDA LOS DAÑOS DE UN VEHICULO SINIESTRADO MEDIANTE EL USO Y MANEJO DE LA PLATAFORMA EYESCLOUD3D**

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Ramón Parra                | German Andres            |

**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:** Programa Física



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

|               |                     |                |          |                 |             |               |               |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| <b>CÓDIGO</b> | <b>AP-BIB-FO-07</b> | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b> | <b>2 de 4</b> |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|

**CIUDAD:** Neiva      **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023      **NÚMERO DE PÁGINAS:** 33

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

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

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

No

**MATERIAL ANEXO:**

No

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

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

| <u>Español</u>           | <u>Inglés</u>         | <u>Español</u>          | <u>Inglés</u>      |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| 1. <u>Reconstrucción</u> | <u>Reconstruction</u> | 6. <u>Energías</u>      | <u>Energies</u>    |
| 2. <u>Vehículo</u>       | <u>Vehicle</u>        | 7. <u>Deformaciones</u> | <u>Deformation</u> |
| 3. <u>Velocidad</u>      | <u>Speed</u>          | 8. <u>Modelo</u>        | <u>Model</u>       |
| 4. <u>Siniestro</u>      | <u>Sinister</u>       | 9. <u>Ecuaciones</u>    | <u>Equations</u>   |
| 5. <u>Colisión</u>       | <u>Collision</u>      | 10. <u>Programa</u>     | <u>Program</u>     |

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

La Reconstrucción de accidentes viales son el suceso de la interpretación témporo-espacial de dos objetos y/o cuerpos de una situación dinámica que conlleva a circunstancias y sucesos culminados en un trágico choque. Una de las causas en accidentes de tránsito es la velocidad y entre ellas la requerida para causar daños materiales con que movilizaba el vehículo. Por ello la reconstrucción de accidentes permite obtener el cálculo de velocidad; pero, cuando no existe la suficiente información del accidente se puede hacer la recuperación de información que contienen los daños de vehículos con lo cual se aproxima a la velocidad real con que movilizaba.



|        |              |         |   |          |      |        |        |
|--------|--------------|---------|---|----------|------|--------|--------|
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 3 de 4 |
|--------|--------------|---------|---|----------|------|--------|--------|

En el presente trabajo se realiza una breve descripción de la metodología del modelo de Raymond McHenry que enfatiza la plataforma EyesCloud3D, la transformación de energía cinética a energía de deformación plástica, el uso y manejo de la plataforma EyesCloud3D de generación de modelos 3D, con el fin de resaltar la importancia de información que representan los daños que guarda el vehículo siniestrado y, obtener la velocidad total que llevaba el vehículo al entrar a la escena del accidente. Como conclusión las incertidumbres provocan una aproximación a la velocidad de colisión para vehículos estudiados con variación de  $\pm 10$  Km/h y con porcentaje de error aceptable del 12% de valores reales, lo cual representa una gran fidelidad y funcionalidad del programa EyesCloud3D, y evidencia la necesidad de incursionar en el uso de tecnología para el área de la investigación de accidentes de tránsito en el Departamento del Huila.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The reconstruction of road accidents are the event of the temporo-spatial interpretation of two objects and / or bodies of a dynamic situation that leads to circumstances and events culminating in a tragic crash. One of the causes in traffic accidents is the speed and among them the one required to cause material damage with which the vehicle was mobilized. Therefore, the reconstruction of accidents allows to obtain the calculation of speed; But, when there is not enough information about the accident, information containing vehicle damage can be recovered, which approximates the real speed with which it moved.

In the present work a brief description of the methodology of the Raymond McHenry model that emphasize the EyesCloud3D platform, the transformation of kinetic energy to plastic deformation energy, the use and management of the EyesCloud3D platform for the generation of 3D models, in order to highlight the importance of information that represents the damages that the damaged vehicle keeps and, Obtain the total speed that the vehicle was carrying when entering the scene of the accident. In conclusion, the uncertainties cause an approximation to the collision speed for vehicles studied with variation of  $\pm 10$  Km/h and with an acceptable error percentage of 12% of real values, which represents a great fidelity and functionality of the EyesCloud3D program, evidences the need to venture into the use of technology for the area of traffic accident investigation in the Department of Huila.



### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: FRANCO ARTURO IBARRA NARVAEZ

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

Nombre Jurado: GONZALO EDGARDO PEDRAZA GUERRERO

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

Nombre Jurado: FAIVER TOVAR GALINDO

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

# Importancia de la Información que Guarda los Daños de un Vehículo Siniestrado Mediante el Uso y Manejo de la Plataforma Eyescloud3D

Ramon Parra German A. 20172162831

*Trabajo de Grado*

*Director del Trabajo: Jose Miguel Cristancho Fierro*

*Semillero Accidentología, Programa de Física*

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*

*Universidad Surcolombiana*

*Neiva, Huila*

5 de junio de 2023

## Índice

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. Introducción</b>                      | <b>3</b> |
| <b>2. Objetivos</b>                         | <b>4</b> |
| 2.1. Objetivo General . . . . .             | 4        |
| 2.2. Objetivos Específicos . . . . .        | 4        |
| <b>3. Planteamiento del Problema</b>        | <b>5</b> |
| <b>4. Fundamentos Teóricos</b>              | <b>5</b> |
| 4.1. Origen del Vehículo . . . . .          | 6        |
| 4.1.1. Etapa de Latón (1905-1914) . . . . . | 6        |
| 4.1.2. Etapa de Época o Vintage . . . . .   | 6        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.1.3.    | Etapa Pregarra  | 6         |
| 4.1.4.    | Etapa Posguerra   | 7         |
| 4.1.5.    | Etapa Moderna   | 7         |
| 4.2.      | Construcción de las Carrocerías de un Vehículo                                      | 7         |
| 4.2.1.    | Aceros Convencionales   | 8         |
| 4.2.2.    | Aceros de Alta Resistencia  | 9         |
| 4.2.3.    | Aceros de Muy Alta Resistencia  | 9         |
| 4.2.4.    | Aceros de Extra y Ultra Alta Resistencia  | 9         |
| 4.2.5.    | Aluminio  | 9         |
| 4.3.      | Deformaciones de la Carrocería de un Vehículo                                       | 9         |
| 4.3.1.    | Flexión lateral   | 10        |
| 4.3.2.    | Compresión  | 10        |
| 4.3.3.    | Torsión   | 10        |
| 4.4.      | Zonas de Deformación Programadas  | 10        |
| 4.5.      | ¿Qué Energías Intervienen?  | 11        |
| 4.5.1.    | Energía Cinética  | 12        |
| 4.5.2.    | Energía de Deformación Plástica   | 12        |
| 4.6.      | ¿EyesCloud3D?   | 13        |
| 4.7.      | Modelo Raymond McHenry  | 13        |
| <b>5.</b> | <b>Metodología</b>  | <b>14</b> |
| 5.1.      | ¿Como Encontrar la Profundidad de Penetración o Deformación?                        | 15        |
| 5.1.1.    | Para Seis Medidas:  | 16        |
| 5.1.2.    | - Para Cuatro Medidas:  | 17        |
| 5.1.3.    | - Para Dos Medidas:   | 18        |
| 5.2.      | Principio de Transformación de Energía Cinética a Energía de Deformación Plástica : | 18        |
| 5.3.      | Indicaciones para el Uso y Manejo del Programa EyesCloud3D:                         | 20        |
| <b>6.</b> | <b>Resultados</b>   | <b>24</b> |
| 6.1.      | Importancia de la Información.  | 24        |
| 6.2.      | Seminarios Realizados.  | 28        |
| <b>7.</b> | <b>Discusión de Resultados</b>  | <b>29</b> |
| <b>8.</b> | <b>Conclusiones</b>   | <b>31</b> |
| <b>9.</b> | <b>Referencias</b>  | <b>31</b> |

## Resumen

La Reconstrucción de accidentes viales son el suceso de la interpretación témporo-espacial de dos objetos y/o cuerpos de una situación dinámica que conlleva a circunstancias y sucesos culminados en un trágico choque. Una de las causas en accidentes de tránsito es la velocidad y entre ellas la requerida para causar daños materiales con que movilizaba el vehículo. Por ello la reconstrucción de accidentes permite obtener el cálculo de velocidad; pero, cuando no existe la suficiente información del accidente se puede hacer la recuperación de información que contienen los daños de vehículos con lo cual se aproxima a la velocidad real con que movilizaba.

En el presente trabajo se realiza una breve descripción de la metodología del modelo de Raymond McHenry que enfatiza la plataforma EyesCloud3D, la transformación de energía cinética a energía de deformación plástica, el uso y manejo de la plataforma EyesCloud3D de generación de modelos 3D, con el fin de resaltar la importancia de información que representan los daños que guarda el vehículo siniestrado y, obtener la velocidad total que llevaba el vehículo al entrar a la escena del accidente. Como conclusión las incertidumbres provocan una aproximación a la velocidad de colisión para vehículos estudiados con variación de  $\pm 10\text{Km/h}$  y con porcentaje de error aceptable del 12% de valores reales, lo cual representa una gran fidelidad y funcionabilidad del programa EyesCloud3D, y evidencia la necesidad de incursionar en el uso de tecnología para el área de la investigación de accidentes de tránsito en el Departamento del Huila.

**Palabras claves:** Reconstrucción, Vehículo, Velocidad, Siniestro, Colisión, Energías, Deformaciones, Modelo, Ecuaciones, Programa.

## 1. Introducción

La investigación de siniestros viales es uno de los principales estudios en el área de la accidentología realizados por peritos y policía vial, que generalmente son ordenados por los jueces encargados, para que verifiquen la realidad de los cálculos cinemáticos y dinámicos para obtener la velocidad total que llevaba el móvil al entrar a la escena del accidente [1].

Por tal motivo, un único indicio es estudiar para establecer los parámetros de los cuales se puede registrar o obtener la velocidad de impacto del rodado. Este se centra en el estudio de la energía absorbida de deformación plástica

de la estructura del vehículo, esta energía depende no solo de la dureza del móvil, zona de impacto, sino de la función directa del área del daño o deformación del vehículo [2].

La plataforma o programa EyesCloud3D presenta un modelo desarrollado por Raymond McHenry y su aplicación a choques de vehículos automotores contra elementos rígidos que se encuentran en las vías de tránsito, tales como árboles, o contra otros vehículos. El modelo presenta las ecuaciones necesarias para el tratamiento de este tipo de choques (frontal, lateral, trasero) [3]. Para la verificación de resultados se desarrollo el buen uso y manejo de la plataforma EyesCloud3D con el motivo de realizar un seminario para darla a conocer hacia interesados que quieran obtener más rápidos los resultados, donde a partir del perfil deformado del vehículo y utilizando el modelo que enfatiza la plataforma, se estima la energía absorbida del choque por deformación plástica.

Como resultados se muestra la importancia de la información de un ensayo con deformaciones en un vehículo para obtener el calculo de la energía requerida y la velocidad de impacto, además, se comprueba con un vehículo sin deformación, donde comentan los autores Gustavo Enciso y Tomas Muñoz de la literatura de referencia [3, 4]; la apreciación del grado de error y la variación de la velocidad que puede tener el modelo que enfatiza la plataforma EyesCloud3D.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Resaltar la importancia del cálculo de la energía de deformación plástica mediante el modelo de McHenry que enfatiza EyesCloud3D donde representa los daños deformados en un vehículo siniestrado, con el fin de obtener la velocidad requerida que llevaba el móvil al entrar a la escena del accidente.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Establecer mediante análisis físico la transformación de energía cinética a energía de deformación plástica mediante el modelo de McHenry que enfatiza EyesCloud3D para calcular la velocidad que se presenta en un accidente de un vehículo siniestrado.

- Proponer y dar a conocer la importancia de la información representada en los daños del vehículo implicado por medio del programa EyesCloud3D de generación de modelos 3D.

### 3. Planteamiento del Problema

En la reconstrucción de accidentes de tránsito hay información que no es tenida en cuenta en el cálculo de una posible velocidad de entrada a la escena de un accidente por un móvil; información que representan datos vitales para acercarse más a la realidad de lo sucedido en el hecho y brindar mejor apoyo científico para la toma de decisiones judiciales.

Esta información se refiere a la energía requerida para causar:

1. Heridas a los ocupantes de los vehículos involucrados.
2. Daño material que ocurrió al móvil del suceso.

En el presente trabajo se abordará el análisis de la energía requerida para causar los daños materiales al móvil del suceso; en cuanto a la información y cuantificación de las heridas causadas a las personas que sufren un accidente requiere un estudio sistemático e interrelacionado con la biomecánica y medicina forense, temática que está fuera de nuestro alcance por el momento.

Por consiguiente, se plantea responder a la siguiente pregunta de investigación:

**¿Por qué es Importante y Como Afecta la Certeza de la Información que Representa los Daños de un Vehículo en un Accidente de Tránsito?**

### 4. Fundamentos Teóricos

La Reconstrucción de accidentes viales son el suceso de la interpretación témporo-espacial de dos objetos y/o cuerpos de una situación dinámica que conlleva a circunstancias y sucesos culminados en un trágico choque [5]. La

reconstrucción se analiza de diferentes perspectivas, pero una de ellas consta de la Observación Visual de la Escena, Demarcación de Huellas e Indicios, Tomas Fotográficas, Construcción del Croquis y Examen de Vehículos que se recolecten en el lugar del siniestro. Por tal motivo, cuando no existen indicios del siniestro, un único indicio es el estudio del vehículo para establecer los parámetros de los cuales se puede registrar u obtener la velocidad de impacto del rodado [6].

## **4.1. Origen del Vehículo**

El origen del Vehículo se produce hace más de dos siglos de la mano del francés Nicolas-Joseph Cugnot, primera persona que intentó adaptar el sistema de la máquina de vapor a un vehículo. Karl Benz creador del primer Vehículo moderno que funcionaba con gasolina. Karl es considerado como los grandes creadores del vehículo [7]. Durante siglos hubo siete etapas, pero las más destacadas en la actualidad son:

### **4.1.1. Etapa de Latón (1905-1914)**

Es caracterizada por tener forma similar a los coches de caballos de la antigüedad, y en donde los vehículos utilizaban el latón como materia para las carrocerías, donde a partir de esta etapa empieza la evolución del vehículo.

### **4.1.2. Etapa de Época o Vintage**

Este periodo comienza tras la Primera Guerra Mundial y termina en 1929 durante la Gran Depresión. Los coches más característicos de la época son los que tenían el motor en la parte delantera y los coches cerrados, siendo poco usados los coches abiertos que en años anteriores habían sido muy utilizados. Algunos de estos coches fueron el Austin 7 y el Ford T.

### **4.1.3. Etapa Pregarra**

Esta etapa comienza con la Gran Depresión y termina con el fin de la Segunda Guerra Mundial. Los coches totalmente cerrados y redondeados se vuelven más usados, y además surge el compartimento trasero para guardar el equipaje. Algunos de los coches más importantes de esta época son Ford B, el Bugatti 57 y el famoso “Escarabajo”.

#### **4.1.4. Etapa Posguerra**

Esta etapa comienza tras la Segunda Guerra Mundial y está caracterizada por el gran desarrollo de los coches, consiguiendo motores mucho mejores, tanto en eficacia como en menor contaminación. Es una época muy importante para la industria en los Estados Unidos, país que fue muy poco afectado por la guerra, poniéndose de moda el aire acondicionado y el cambio automático entre otras mejoras.

#### **4.1.5. Etapa Moderna**

Esta etapa comienza desde 1945 hasta la actualidad, en el que se presenta la introducción de materiales plásticos en el vehículo donde se ha incrementado significativamente. Este incremento es debido a la necesidad por parte de los fabricantes de aminorar el peso total del vehículo para poder reducir las motorizaciones empleadas; el uso de plásticos alcanza un peso medio total por vehículo en torno a los 100-150 kg por automóvil. Si en lugar de plástico se utilizara metal, el incremento de peso del vehículo ascendería entre unos 300 y 350 kg más, lo que supondría un chasis o bastidor de un consumo de combustible menor y, por tanto, un menor número de emisiones contaminantes como veremos en la construcción de las carrocerías de un vehículo. Gracias a la electrónica se pueden determinar velocidades máximas que pueden ser mayores a los 80 km/h, velocidades instantáneas, distancia de frenado de acuerdo con las condiciones o dependiendo de la velocidad que se puede transitar en la vía, donde también pueden ser establecidas en el instante por la parte electrónica. [7, 8].

## **4.2. Construcción de las Carrocerías de un Vehículo**

Hoy en día la construcción de las carrocerías del vehículo viene dada por lo más importante y la estructura principal que otorga la mayor parte de la rigidez al mismo que es llamada chasis o bastidor; comúnmente se utilizan diferentes tipos de chasis, pero el más utilizado en la sociedad es el monocasco, un modelo común en la gama comercial, debido a que se trata de un diseño bastante rígido, que se puede producir en masa y con buena capacidad para absorber los impactos en caso de accidente. El material para la fabricación de carrocerías es el acero ya que su explotación es económica,

además su plasticidad permite obtener piezas de formas geométricas complicadas. El amplio número de tipos de aceros que hoy día existen permiten una buena fabricación de las carrocerías para aminorar el peso total de vehículos y brindar mejor protección a los ocupantes. Su clasificación depende de su límite elástico, límite de rotura, valores mecánicos o alargamiento [9]. En la mayoría de los casos ha sido en función de su límite elástico, como resultado los siguientes grupos y además teniendo en cuenta la **Figura 1**:



**Figura 1:** Clasificación del Acero en el Vehículo.

#### 4.2.1. Aceros Convencionales

Es un material dulce no aleado, con bajo contenido de carbono y bajo límite elástico, esto quiere decir que contienen una menor rigidez y absorción al impacto lo que lo convierte para utilizar en piezas con baja estructura como aletas, paneles de puertas, portones traseros.

#### **4.2.2. Aceros de Alta Resistencia**

Son aceros utilizados en función del mecanismo de endurecimiento que se usa para aumentar su resistencia, en el que también tiene bajo límite elástico donde contienen una menor rigidez y absorción al impacto; su uso más extendido es en piezas de panelería exterior [10].

#### **4.2.3. Aceros de Muy Alta Resistencia**

Son aceros que se obtienen mediante un acero inicial que es sometido a un proceso específico de tratamiento térmico y se convierte en otro acero esto quiere decir, que presentan una buena aptitud a la distribución en la deformación, un excelente comportamiento a la fatiga, alta resistencia mecánica y una buena absorción de energía donde se usan en piezas de alto grado estructural como el estribo, montante A, correderas de asientos, cimbras de techo.

#### **4.2.4. Aceros de Extra y Ultra Alta Resistencia**

Este tipo de acero caracterizado por su elevada rigidez, absorción de energía y alta capacidad para no deformarse, su uso más extendido es en piezas de la zona central o del habitáculo [10].

#### **4.2.5. Aluminio**

Es un material más blando, más costoso, con difíciles reparaciones y con una soldabilidad complicada, su uso más extendido es en la parte frontal del vehículo. Este material permite reducir el peso global de 35 %, y no consigue que la oxidación que presenta penetre el material y se pierdan las propiedades para ayudar a estos procesos y aumentar las propiedades, el aluminio aleado incorpora magnesio, cobre, cinc, hierro, cromo [10].

### **4.3. Deformaciones de la Carrocería de un Vehículo**

Dentro de la carrocería monocasco se evidencian los siguientes tipos de deformación de la carrocería:

#### 4.3.1. Flexión lateral

Este tipo de daños se presenta por velocidades superiores a los 30 km/h y es conocido como golpe de banana porque el golpe tiene lugar en dirección perpendicular al lateral del vehículo y en su volumen central donde se ve afectada la caja central o habitáculo del vehículo, en este tipo de daños se ven comprometidas piezas como las puertas, estribo, parál central, la capota y generar daños estructurales en el piso del habitáculo [11].

#### 4.3.2. Compresión

Se produce al colisionar directamente sobre el eje longitudinal del automóvil donde se reducen las dimensiones, se comprimen las láminas y puede ser frontal o trasero es decir, que en estas zonas la absorción del golpe es mayor debido a que los paragolpes son plásticos y cuentan con absorbedores de impactos, esto se puede producir por velocidades superiores a los 30 km/h.

#### 4.3.3. Torsión

Ocurre cuando se giran las puntas del chasis o el piso con respecto al lado contrario en un plano paralelo u horizontal, con velocidades superiores a los 30 km/h.[12, 13].

### 4.4. Zonas de Deformación Programadas

La cultura de antes en un vehículo mientras fuera más duro en el exterior, la seguridad de los ocupantes mejoraría. Pero el tiempo como las pruebas de choque y los diferentes estudios demostraron la alta rigidez de la estructura que provocaba mayores lesiones en casos de accidente y los beneficios de la deformación programada. Con el fin de mayor tiempo de desaceleración y que las fuerzas que soportan los ocupantes fueran menores en las zonas de deformación programadas. Hoy día la mayor parte del vehículo en su estructura exterior como los frontales y traseros, capó, puertas, está constituido por materiales de comportamiento elasto-plástico en los que la tensión es lineal que depende de la deformación hasta superar el límite elástico. Cuando el material entra a plasticidad y desaparece la linealidad entre tensión y deformación, experimenta deformaciones que contribuye a la absorción de energía del impacto. [14].

Las zonas de los golpes se clasifican como leves y fuertes, en la zona delantera

los leves representan el 53 % y los fuertes el 47 % donde se ubican al exterior de la carrocería como en la defensa frontal con un daño aproximado de 36 %, el capó con daño del 10 % y laterales con daño 42 %; y para la trasera, los leves representan el 60 % y los fuertes el 40 % donde se ubican la defensa trasera con un daño aproximado de 37 % [15].

En la estructura del vehículo, sobre todo, fuera del habitáculo se ubican los pilares, cimbras, travesaños y largueros. Estas partes del vehículo se diseñan para el caso de que en un accidente no sean rígidas y tengan deformaciones progresivas. Esta deformación progresiva, conocida como puntos fusibles, actúa en el vehículo para que aumente el tiempo en el que se detenga totalmente donde absorbe la fuerza del impacto, es decir, funciona como una protección que amortigua el golpe. Supongamos un ejemplo, donde nos imaginamos la comparación de golpear un objeto rígido fuertemente con el puño y otra situación con un guante de boxeo que cubra la mano. Como resultado se obtiene que el guante de boxeo actúa como amortiguador en el que absorbe la energía y reduce las lesiones que se pueda sufrir la mano, aunque la potencia utilizada sea la misma [16].

Con base a lo anterior la zona del habitáculo de un vehículo debe ser rígida e indeformable. Las zonas de deformación programada son las encargadas de reducir la fuerza del impacto, pero en caso de un choque violento donde aún quede energía por absorber, el habitáculo no es deformable, porque si no sus ocupantes sufrirían grandes daños en choques fuertes. Por tal motivo, el habitáculo se construye con materiales de muy alta resistencia y con formas estudiadas para que no tengan ningún punto débil [16].

#### 4.5. ¿Qué Energías Intervienen?

La energía, aunque es familiar tiene diferentes definiciones porque no solo es una forma, sino también un proceso; tanto las personas, las cosas tienen energía, se observa solo cuando se transfiere o se transforma y nuestro caso en un accidente de tránsito. Esto quiere decir que la energía puede definirse como una propiedad del sistema que le permite realizar un trabajo [17].

En un accidente de tránsito se presentan diferentes energías como lo son la energía Cinética, Rozamiento, Elástica, Biomecánica, Calor, Deformación; por ende, la energía deformación corresponde a una parte de la energía cinética puesto que los otros tipos de energías no las podemos cuantificar y de esta manera la energía deformación puede corresponder a un valor más indeter-

minado de ese porcentaje que las otras energías. Por lo que para este caso se toman las energías esenciales que suceden antes y después, esto quiere decir, que se produce una transformación de energía en un siniestro, las cuales son: energía cinética y energía de deformación plástica [18].

#### 4.5.1. Energía Cinética

La Energía Cinética está asociada a la velocidad del móvil en cuestión, por tal motivo la gravedad de un accidente no está determinada por la velocidad del vehículo antes de la colisión sino por el cambio de velocidad  $\Delta V$  que el vehículo experimenta y la rapidez con la que se produce este cambio [19]. Antes de la colisión, el vehículo tiene una energía cinética dada por su masa ( $m$ ) y su velocidad ( $v$ ):

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

En el que esta energía cinética por el principio de conservación realiza transformación a energía de deformación plástica.

#### 4.5.2. Energía de Deformación Plástica

La Energía de Deformación Plástica se presenta cuando el material del vehículo no regresa a su forma original después de retirar la fuerza o carga aplicada, por lo que cambia la forma de un vehículo u objeto de manera irreversible. Es decir, los esfuerzos o fuerzas que actúan en un componente se deforman, y si no regresan a la posición original una vez que la fuerza ya no actúa sobre él, es porque existe deformación plástica. Esto se combina con la deformación elástica que es reversible y no cambia permanentemente la estructura del material [20]. Definida como:

$$F = \frac{1}{2}kx^2 \quad (2)$$

En la cual la fórmula que se va a trabajar para obtener esta deformación se da a partir de la ecuación del modelo de McHenry, la cual se explicara más adelante.

## 4.6. ¿EyesCloud3D?

Este proyecto surge en 2013, pero no es hasta junio de 2017 cuando se procedió a comercializar la plataforma [www.eyescloud3d.com](http://www.eyescloud3d.com). Actualmente, es ya un producto consolidado, con clientes en varios sectores y varios países. Además, este producto va evolucionado mensualmente, incorporándole nuevas utilidades al producto y para el cliente, así como en el procesamiento de los datos.

La plataforma EyesCloud3D, es un multidispositivo que genera modelos en 3D; un lugar para que los usuarios carguen imágenes o vídeos, donde solo se requiere tomar imágenes de la escena del accidente en dispositivos propios como teléfono, tabletas o cualquier cámara que luego se cargarán en EyesCloud3D para poder generar el modelo 3D. Es una plataforma con más de 40 herramientas que interactúan con el modelo sin necesidad de exportar a otro sitio, EyesCloud3D permite realizar acciones como medir, recortar, calcular áreas, volúmenes, insertar notas y algunas funcionalidades como calcular trayectoria de sangre o balas, la posibilidad de proyección en 3D y la velocidad u energía de deformación plástica la cual es la que se verificara por medio de un ejemplo o caso [21].

## 4.7. Modelo Raymond McHenry

El cálculo que enfatiza este trabajo y la plataforma se produce a través de un modelo que fue realizado por Raymond McHenry en 1973, donde para materiales y diseños actuales en el cual se demuestra para creaciones de plataformas que puedan trabajar para vehículos que presenten deformaciones; a partir de lo anterior realizó una mejoría en su formulación del modelo de Kenneth L. Campbell en 1972, partiendo del comportamiento de vehículos en un sistema compuesto por una masa y un muelle que absorbe energía cinética al deformarse durante la colisión [22]. McHenry dedujo que existe un valor de fuerza para el cual solo hay deformación elástica no permanente que se conoce como energía elástica con ecuación  $F = \frac{kx^2}{2}$  y, una vez superado ese valor de fuerza se convierte en deformación plástica, la dependencia entre fuerza y deformación es lineal [23]. Por lo que McHenry extrapola esa relación de proporcionalidad entre deformación y velocidad a la relación entre deformación y fuerza actuante del impacto definida como:

$$\frac{F}{W} = A + BC \quad (3)$$

Donde;  $F/W$  es la fuerza que produce la deformación por unidad de ancho (lb/in);  $A$ , es la máxima fuerza aplicada por unidad de ancho sin deformación permanente (lb/in);  $B$ , es el coeficiente de rigidez del daño por unidad de ancho (lb/in<sup>2</sup>) y,  $C$ , es la profundidad de la deformación (in) [4].

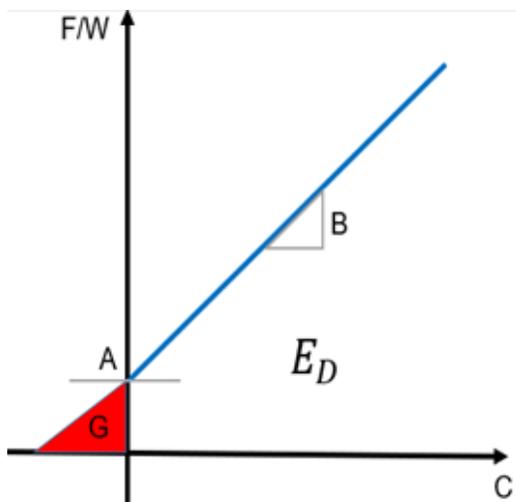
Con este modelo desarrollado por McHenry se obtuvo la EBS (equivalent barrier speed) (velocidad de barrera equivalente); modelo utilizado por peritos en reconstrucción de accidentes, la cual es útil para determinar la severidad del impacto y probabilidad de cuanto causa una lesión a ocupantes de un vehículo siniestrado [4].

## 5. Metodología

Cuando un vehículo se encuentra sometido a un esfuerzo, de torsión, de flexión, compresión se producen deformaciones relacionadas por la ley de Hooke, su trabajo se conoce mediante la aplicación de ecuaciones simples de cálculo de superficies.

De allí la necesidad de utilizar integrales definidas, que constituye a herramientas para encontrar el área debajo de las funciones de fuerza [4].

Por tal motivo, haciendo uso del modelo de Raymond McHenry a partir de la ecuación 3, se puede obtener la energía de deformación plástica [4].



**Figura 2:** Relación de Fuerza por Unidad de Deformación y Penetración.

### 5.1. ¿Como Encontrar la Profundidad de Penetración o Deformación?

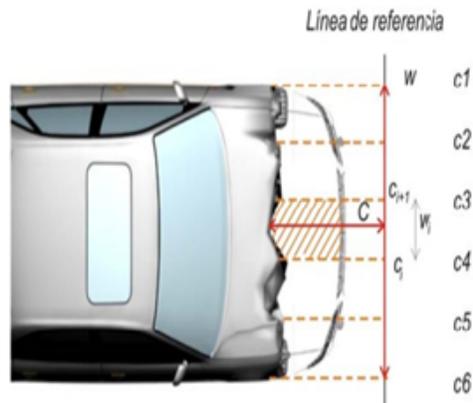
A partir de esta **Figura 2** se puede deducir que el área que se encuentra por debajo de la función representa la energía disipada por unidad de ancho de deformación [4].

$$\frac{E_D}{W} = A + BC \quad (4)$$

Y por ende, mediante el uso del cálculo matemático de integral nos permite conocer cuál es la energía que realiza una determinada fuerza que está deformando y aquella energía es la deformación con una penetración C [4].

$$\frac{E_D}{W} = \int_0^C (A + BC)dC \quad (5)$$

Antes de integrar se requiere conocer C; la cual representa la penetración o deformación promedio sufrida por el móvil, y se deduce de la siguiente **Figura 3**:



**Figura 3:** División Estandarizada del Daño en 5 Polígonos.

Lados de los polígonos definen la penetración o deformación promedio y se calcula de la siguiente manera:

$$C = \frac{C_i + C_{i+1}}{2} \quad (6)$$

### 5.1.1. Para Seis Medidas:

Para determinar el daño o penetración promedio total de C a partir de la **Figura 3** y si se desea trabajar con seis medidas, los lados de los polígonos se definen por cinco lados; por tal motivo, reemplazando en la ecuación 6:

$$C = \frac{\frac{C_1+C_2}{2} + \frac{C_2+C_3}{2} + \frac{C_3+C_4}{2} + \frac{C_4+C_5}{2} + \frac{C_5+C_6}{2}}{5} \quad (7)$$

Resolviendo:

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_2 + C_3 + C_3 + C_4 + C_4 + C_5 + C_5 + C_6}{10} \quad (8)$$

$$C = \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6}{10} \quad (9)$$

Según lo obtenido en la ecuación 9 lo reemplazo en la ecuación 5:

$$\frac{E_D}{W} = \int_0^C \left( A + B \left( \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6}{10} \right) \right) dC \quad (10)$$

Integrando y despejando W se obtiene:

$$\begin{aligned} E_D &= WA \left( \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6}{10} \right) + \rightarrow \\ &\rightarrow +W \frac{B}{2} \left( \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6}{10} \right)^2 + GW \end{aligned} \quad (11)$$

donde G representa el área de la región A, la abscisa y pendiente B; definida como  $G = \frac{A^2}{2B}$ ; que se obtiene de integrales definidas de (-A/B) a (0) con la ecuación 4; por tal motivo es sumada en la ecuación 11.

Finalmente solucionando el polinomio cuadrado de la ecuación 11, se obtiene finalmente las seis medidas para un vehículo deformado:

$$\begin{aligned} E_D &= \frac{W}{5} \left[ \frac{A}{2} (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6) + \frac{B}{6} (C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + \rightarrow \right. \\ &\left. \rightarrow + 2C_4^2 + 2C_5^2 + C_6^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4 + C_4 \cdot C_5 + C_5 \cdot C_6) + \frac{5A^2}{2B} \right] \end{aligned} \quad (12)$$

### 5.1.2. - Para Cuatro Medidas:

Si se desea trabajar con cuatro medidas teniendo en cuenta la **Figura 3**, los lados de los polígonos serían tres, por la cual se puede encontrar las penetraciones promedio o deformación reemplazando en la ecuación 6:

$$C = \frac{\frac{C_1+C_2}{2} + \frac{C_2+C_3}{2} + \frac{C_3+C_4}{2}}{3} \quad (13)$$

Resolviendo:

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_2 + C_3 + C_3 + C_4}{6} \quad (14)$$

$$C = \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4}{6} \quad (15)$$

Según lo obtenido en la ecuación 15 lo reemplazo en la ecuación 5:

$$\frac{E_D}{W} = \int_0^C \left( A + B \left( \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4}{6} \right) \right) dC \quad (16)$$

Integrando y despejando W se obtiene:

$$E_D = WA \left( \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4}{6} \right) + W \frac{B}{2} \left( \frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4}{6} \right)^2 + GW \quad (17)$$

G representa el área de la región A, la abscisa y pendiente B; definida como  $G = \frac{A^2}{2B}$ ; que se obtiene de integrales definadas de (-A/B) a (0) con la ecuación 4; por tal motivo es sumada en la ecuación 17. Para finalmente obtener la Energía de Deformación Plástica:

$$E_D = \frac{W}{3} \left[ \frac{A}{2} (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4) + \frac{B}{6} (C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + C_4^2 + C_1 \cdot C_2 + \rightarrow \right. \\ \left. \rightarrow + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4) + \frac{3A^2}{2B} \right] \quad (18)$$

### 5.1.3. - Para Dos Medidas:

Si se desea trabajar para dos medidas teniendo en cuenta la **Figura 3**, los lados de los polígonos sería uno, por la cual se puede encontrar las penetraciones promedio o deformación reemplazando en la ecuación 6:

$$C = \frac{C_1 + C_2}{1} \quad (19)$$

Resolviendo:

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (20)$$

Según lo obtenido en la ecuación 20 lo reemplazo en la ecuación 5:

$$\frac{E_D}{W} = \int_0^C \left( A + B \left( \frac{C_1 + C_2}{2} \right) \right) dC \quad (21)$$

Integrando y despejando W se obtiene:

$$E_D = WA \left( \frac{C_1 + C_2}{2} \right) + W \frac{B}{2} \left( \frac{C_1 + C_2}{2} \right)^2 + GW \quad (22)$$

G representa el área de la región A, la abscisa y pendiente B; definida como  $G = \frac{A^2}{2B}$ ; que se obtiene de integrales definidas de  $(-A/B)$  a  $(0)$  con la ecuación 4; por tal motivo es sumada en la ecuación 22. Para finalmente obtener la Energía de Deformación Plástica:

$$E_D = W \left( \frac{A}{2} (C_1 + C_2) + \frac{B}{6} (C_1^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2^2) + \frac{A^2}{2B} \right) \quad (23)$$

## 5.2. Principio de Transformación de Energía Cinética a Energía de Deformación Plástica :

Obtenida la energía deformación se procede a hallar la velocidad que llevaba el vehículo antes de la colisión, por lo que se aplica el principio de transformación de energía cinética a energía de deformación plástica de la siguiente manera:

$$\frac{1}{2}mV^2 = E_D \quad (24)$$

De la anterior ecuación la energía deformación corresponde a una parte de la energía cinética puesto que hay otros tipos de energía de las cuales no podemos cuantificar como lo son la energía de Rozamiento, Elástica, Biomecánica, Calor. De esta manera la energía deformación puede corresponder a un valor indeterminado de ese porcentaje.

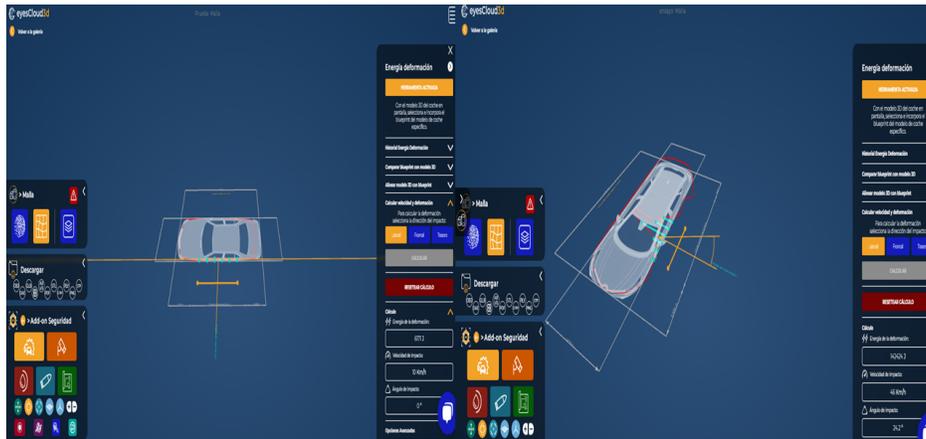
Por tal motivo despejando para encontrar la velocidad se tiene:

$$V^2 = \frac{2E_D}{m} \quad (25)$$

Finalmente:

$$V_{(impacto)} = \sqrt{\frac{2E_D}{m}} \quad (26)$$

Esta descripción del modelo de McHenry y el uso del principio de transformación de energía cinética a energía de deformación plástica permite tener más claridad para aplicar y manejar la plataforma EyesCloud3D para obtener los cálculos, como se muestra una forma de pantallazo en la **Figura 4**:



**Figura 4:** Resultado Final de un Ensayo Realizado sin y con Deformación en Dirección Lateral.

### 5.3. Indicaciones para el Uso y Manejo del Programa EyesCloud3D:

Con el programa se presentarán las indicaciones para realizar manera acertiva la mejor toma de fotografías al vehículo para luego cargarlas al programa EyesCloud3D [24]. Como se indica en las siguientes figuras:

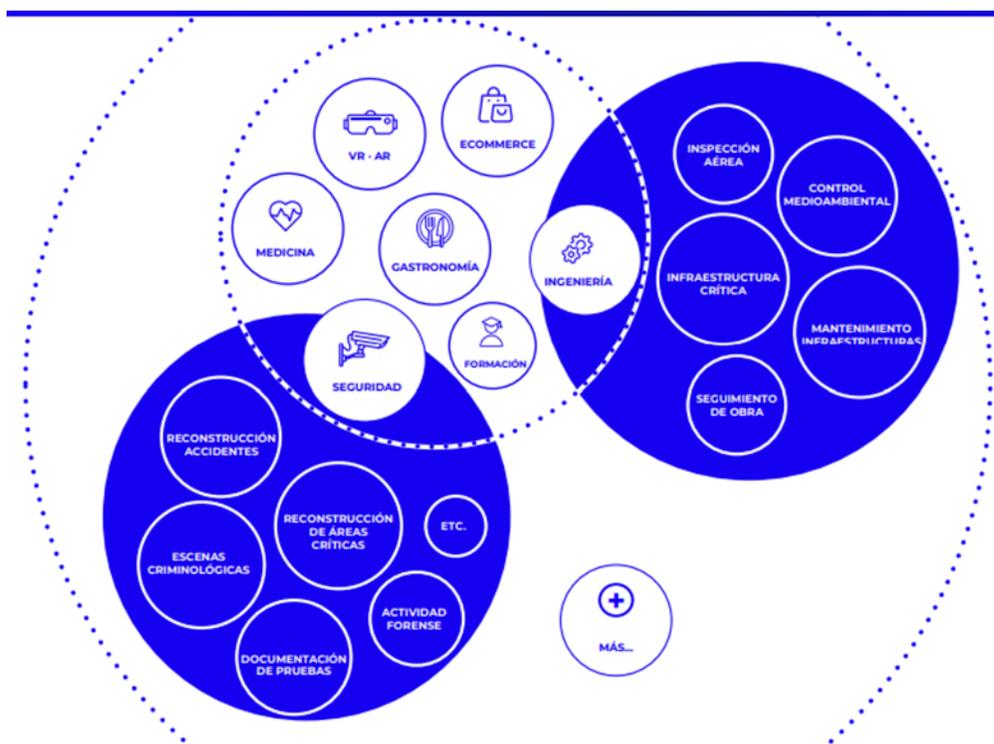


Figura 5: Sectores de aplicación.

El modelo 3D es generado de manera online en solo **3 pasos**



**Figura 6:** Modelo 3D generado de manera online en solo 3 pasos.



**Figura 7:** Relación Cámara/Objeto.



Figura 8: Movimientos de la Cámara.



Figura 9: Carga al Programa.

Download A Free Trial WhatsApp® Gold

**Nube de puntos**

43 Fotos  
0 Video  
[Ver](#)

**Malla**

**Datos del modelo 3D**

Nombre: Prueba  
Dirección:  
Cámara: SM-A600U  
Fecha: 2023-02-03 08:39  
Categoría del modelo 3D: Educación  
Accesible por URL:  Visible por usuarios:

**Incidencias**

¿Tienes alguna incidencia sobre este modelo 3D?  
[Exhibir incidencia](#)

IOTA

INFORMES DE

IMAGENES

PROCESOS REALIZADOS

DESCARGA REALIZADA

Figura 10: Opciones de Visualización del Modelo.

## 6. Resultados

### 6.1. Importancia de la Información.

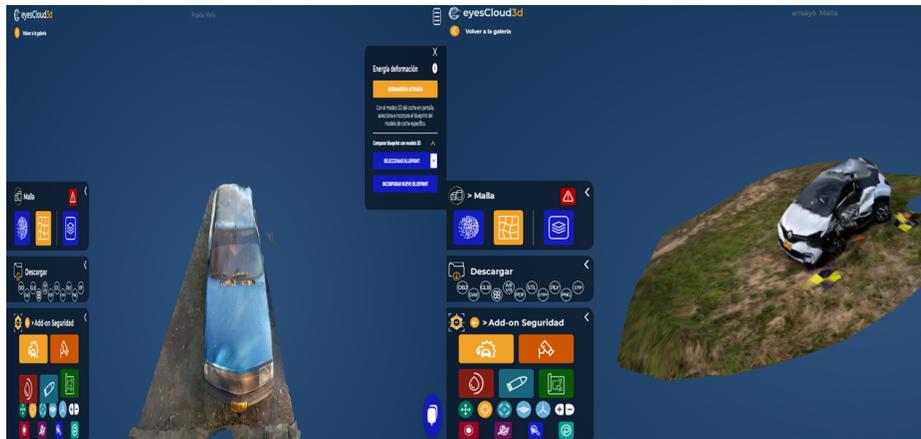


Figura 11: Modelo en 3D y Opciones para Obtener el Modelo Original Generado por el BluePrints del Vehículo sin y con Deformación.

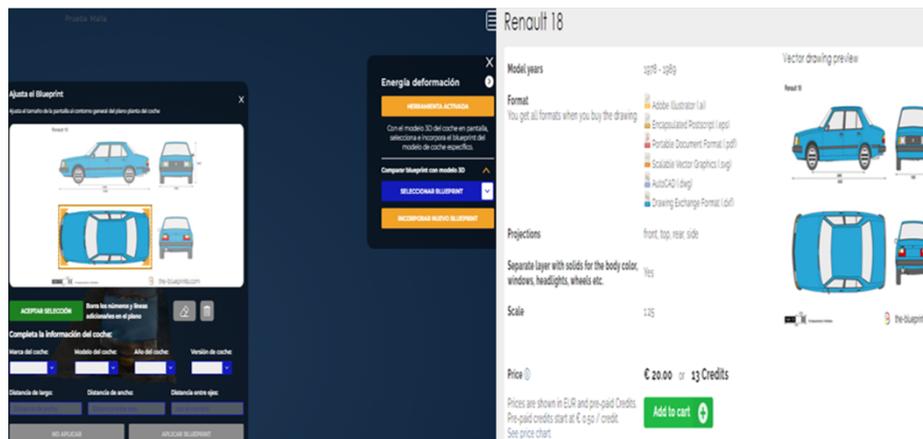


Figura 12: Opción para Incorporar el BluePrints.

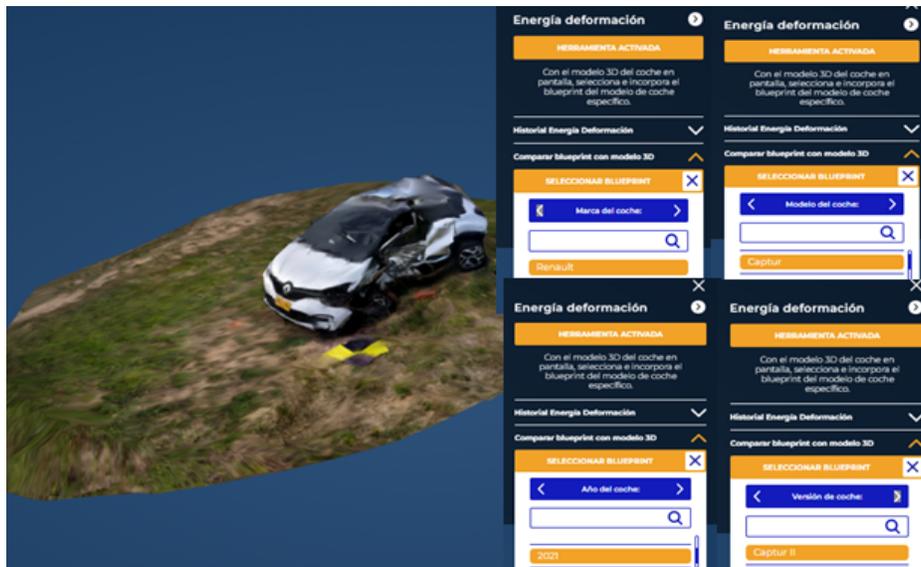


Figura 13: Opción para Obtener el BluePrints por Medio del Programa.

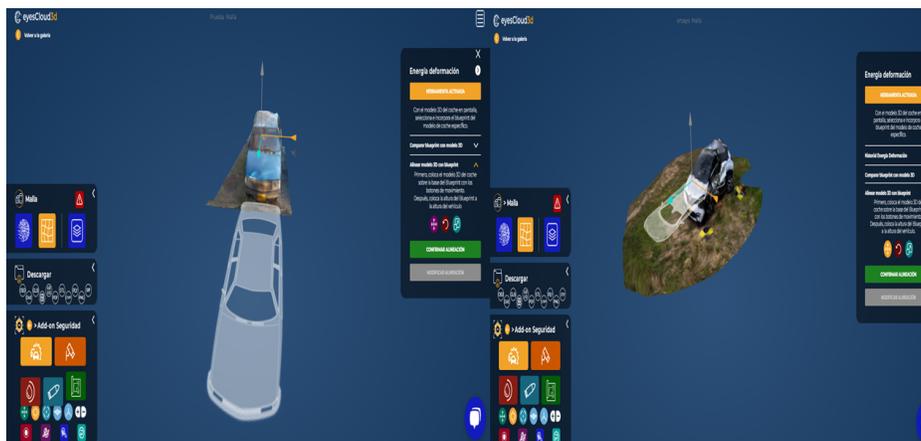
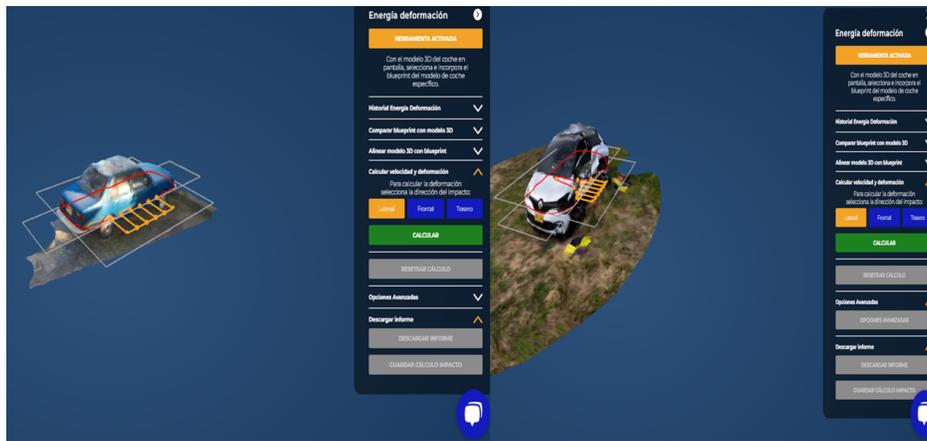
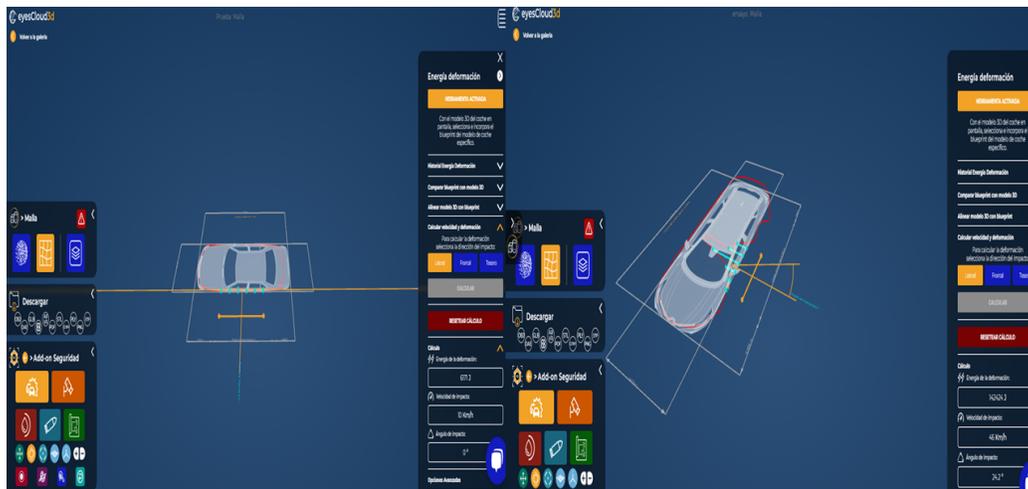


Figura 14: Modelo Original de la Información del Vehículo Generado por el BluePrints.



**Figura 15:** Selección de Dirección y Ubicación de Puntos para Obtener las Medidas.



**Figura 16:** Resultado Final de la Obtención de la Velocidad para un Ensayo Realizado sin y con Deformación en Dirección Lateral.

| Medida |         | Medida |         |
|--------|---------|--------|---------|
| L      | 1.854 m | L      | 1.109 m |
| C1     | 0.024 m | C1     | 0.034 m |
| C2     | 0.057 m | C2     | 0.341 m |
| C3     | 0.077 m | C3     | 0.080 m |
| C4     | 0.105 m | C4     | 0.319 m |
| C5     | 0.037 m | C5     | 0.944 m |
| C6     | 0.045 m | C6     | 0.523 m |

| Parámetro                                    | Valor                     | Parámetro                                    | Valor                     |
|--|---------------------------|--|---------------------------|
| Categoría Vehículo                           | Categoría 2               | Categoría Vehículo                           | Categoría 3               |
| Total Peso (m)= Peso Vehículo + Peso Humano: | 1380 kg + 80 kg = 1540 kg | Total Peso (m)= Peso Vehículo + Peso Humano: | 1600 kg + 80 kg = 1760 kg |
| Coefficiente A                               | 24500 N/m                 | Coefficiente A                               | 30275 N/m                 |
| Coefficiente B                               | 461630 N/m <sup>2</sup>   | Coefficiente B                               | 392730 N/m <sup>2</sup>   |

Modelo Matemático: Mc Henry (Área).  
Intervalo entre las medidas: 1.854m (ancho de segmento): 5(L) = 0.371m.  
Edef = (G \* L + (A + B \* x) \* Área)  
G: A<sup>2</sup>/(2 \* B), x: distancia desde el centroide a la superficie original, Área: área deformada.  
Ajuste Edef por ángulo de fuerza de impacto principal:  
Edef = Edef \* (1 + tan<sup>2</sup>(ángulo))  
EBS (Velocidad Equivalente de Barrera):

$$EBS = \sqrt{\frac{2 \cdot Edef}{m}}$$

Modelo Matemático: Mc Henry (Área).  
Intervalo entre las medidas: 1.109m (ancho de segmento): 5(L) = 0.222m.  
Edef = (G \* L + (A + B \* x) \* Área)  
G: A<sup>2</sup>/(2 \* B), x: distancia desde el centroide a la superficie original, Área: área deformada.  
Ajuste Edef por ángulo de fuerza de impacto principal:  
Edef = Edef \* (1 + tan<sup>2</sup>(ángulo))  
EBS (Velocidad Equivalente de Barrera):

$$EBS = \sqrt{\frac{2 \cdot Edef}{m}}$$

| Parámetro                        | Valor   | Parámetro                        | Valor    |
|----------------------------------|---------|----------------------------------|----------|
| Energía de Deformación           | 6171 J  | Energía de Deformación           | 142424 J |
| Ángulo de Impacto                | 0 °     | Ángulo de Impacto                | 24 °     |
| Velocidad Equivalente de Barrera | 10 km/h | Velocidad Equivalente de Barrera | 46 km/h  |

**Figura 17:** Informe de Análisis del Ensayo Realizado sin y con Deformación Realizada por la Plataforma EyesCloud3D.

## 6.2. Seminarios Realizados.



Figura 18



Figura 19

## 7. Discusión de Resultados

- En el punto 4.1 de las **Figuras de la 11 a la 17** se muestra los resultados de la importancia de la información y la certeza de los cálculos de la energía de deformación y la velocidad de impacto con previamente lo referenciado de los fundamentos teóricos para su aplicación.

**La figura 11;** se presencia el modelo ya generado de forma 3D sin y con deformación y el activo de la herramienta que conlleva a dos opciones llamadas seleccionar o incorporar Blueprints, el primero es una base de datos que esta ya incorporada al programa y el segundo es una incorporación por medio de un página Web que permite obtener los datos del modelo original del vehículo en análisis.

**La figura 12,** se muestra como incorporar un Blueprints que no se encuentra directo de la plataforma, obtenido de una página web llamada the-blueprints donde se encuentran todos los modelos de vehículos existentes y, **la figura 13,** se muestra como seleccionar el modelo original del vehículo estudiado o analizado.

**La figura 14;** se observa el modelo original que se genera de la información del vehículo para su posterior ubicación o alineación de forma central y correcta.

**En la figura 15, 16 y 17;** son las más importantes ya que se debe indicar

que dirección (Frontal, Lateral, Trasero) es la que va proceder a calcular, cuando esté seleccionado se debe ubicar los puntos de las seis medidas si son impactos Frontales o Traseros la numeración se hará de izquierda a derecha, siguiendo la misma perspectiva que tiene el conductor desde el interior y si son impactos laterales la numeración irá de detrás hacia delante; para poder obtener por parte de la plataforma el cálculo de la velocidad.

Como resultados se muestra la **Figura 16 y 17** donde se pretende dejar en claridad lo importante que es la plataforma EyesCloud3D con la información y las deformaciones que presente un Vehículo. Además, se obtiene el cálculo de la energía de deformación con valor de 142424 J y velocidad de impacto con valor de 46 km/h de un vehículo que presenta deformaciones fuertes y se comprueba la certeza de la variación de la velocidad por medio de un vehículo sin deformación, con base a los autores Gustavo Enciso y Tomas Muñoz que se evidencian en la literatura de referencia [3, 4], donde comentan que el modelo de McHenry en el programa EyesCloud3D puede tener una variación de  $\pm 10$  Km/h y con porcentaje de error aceptable del 12% en los valores reales.

Debido a ello nos dimos a la tarea de comprobar la certeza de la variación realizando un ensayo con un vehículo sin deformación en dirección Frontal como se muestra la **Figura 16** y mediante la **Figura 17** obtuvimos que la plataforma en ningún momento toma una velocidad de 0 Km/h y que si toma un ángulo aproximado de  $0^\circ$ , donde observamos que realmente si toma la velocidad a partir de 10 Km/h; lo que demuestra que el programa si presenta dicha variación y buena funcionabilidad para la adecuada aproximación a la velocidad de colisión, esto representa que un vehículo debe tener una velocidad con más de 30 Km/h para que existan deformaciones fuertes y además, brinda a los peritos Físicos como para la misma justicia a establecer un resultado más acorde a la realidad de los hechos.

- En el punto 4.2 de las **Figuras 18 y 19** se muestra la evidencia fotográfica de los seminarios realizados a interesados donde se mostraron con mucha impresión y necesidad para obtener por un medio de un programa como EyesCloud3D distintos cálculos como la obtención de la velocidad total que llevaba el móvil al entrar a la escena del accidente.

## 8. Conclusiones

- El modelo de McHenry en el programa EyesCloud3D si sirve como una adecuada aproximación a la velocidad de colisión del vehículo estudiado con una variación del  $\pm 10$  Km/h donde un vehículo debe tener una velocidad con más de 30 Km/h para que existan deformaciones fuertes.
- Los resultados que se obtienen realizando una correcta extrapolación del o los modelos a colisiones reales del día a día se encuentran dentro de un porcentaje error aceptable del 12% de los valores reales, esto representa que la plataforma tiene una gran funcionalidad y fidelidad en la visualización de un vehículo de forma 3D y resultados significativos de lo que sucede en una situación real.
- En nuestro departamento del Huila como a nivel Nacional, se evidencia la necesidad de incursionar en el uso de tecnología como lo es Eyes-Cloud3D para el área de la investigación de accidentes de tránsito donde exista deformación en el vehículo, que permita abrir puertas tanto a peritos expertos como inexpertos para poder obtener más rápidamente los cálculos de la velocidad total que llevaba el móvil al entrar a la escena del accidente.

## 9. Referencias

- [1] José Enrique Ramírez Muñoz. “Accidentes de tránsito terrestre”. En: *Medicina Legal de Costa Rica* 30.2 (2013), págs. 78-85.
- [2] Sven Martin, Alan A Camberg y Thomas Tröster. “Probability distribution of joint point loadings in car body structures under global bending and torsion”. En: *Procedia Manufacturing* 47 (2020), págs. 419-424.
- [3] T Muñoz. “Cálculo de la velocidad en la investigación de accidentes de tráfico”. En: *Libro impreso en España. ISBN* (2007), págs. 84-611.
- [4] *Enciso, Gustavo Adolfo. Modelos físicos para Accidentología Vial. Resistencia: DOCTOS, 2012.*
- [5] ESTABLECIDAS POR LA MUNICIPALIDAD DE COBÁN, ALTA VERAPAZ y DE TRÁNSITO DE ACCIDENTES. “BALDOMERO CAL CHOCOJ”. En: () .

- [6] Daniel Álvarez Mántaras, Pablo Luque Rodríguez y Juan Manuel González-Carbaljal García. *Investigación de accidentes de tráfico: la toma de datos*. Thomson, 2005.
- [7] *Historia del automóvil: resumen corto*. <https://www.unprofesor.com/ciencias-sociales/historia-del-automovil-resumen-corto-2914.html>. (Accessed on 20/02/2023).
- [8] *etapa moderna de vehiculos con fibras y plasticos*. <https://blog.reparacion-vehiculos.es/articulo-tecnico-plasticos-utilizados-en-el-automovil>.
- [9] Santiago Altares Campo. “Procedimiento experimental para la determinación de la rigidez a torsión de un vehículo automóvil. Análisis de la influencia de la instalación de barras”. B.S. thesis. 2020.
- [10] *carrocería y pintura diego lazaro*. [http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R63\\_A2.pdf](http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R63_A2.pdf), note = (Accessed on 20/02/2023).
- [11] David Illescas Pérez. “Simulación de un choque frontal de un vehículo automóvil contra diferentes tipos de barrera”. B.S. thesis. 2009.
- [12] *Deformaciones en la carrocería monocasco*. <https://www.pruebaderuta.com/deformaciones-en-la-carroceria-monocasco.php>. (Accessed on 20/02/2023).
- [13] Óscar García Amorós. “Herramienta de estudio biomecánico accidentes a baja velocidad”. En: (2017).
- [14] José Font. “Los límites de la seguridad pasiva de los automóviles”. En: *Securitas Vialis 2.2* (2010), págs. 39-40.
- [15] *Cómo identificar los daños de un vehículo tras un accidente*. [www.carroya.com/noticias/guia-para-conductores/como-identificar-los-danos-de-un-vehiculo-tras-un-accidente-3741](http://www.carroya.com/noticias/guia-para-conductores/como-identificar-los-danos-de-un-vehiculo-tras-un-accidente-3741). (Accessed on 20/02/2023).
- [16] *Qué son las zonas de deformación programada en un coche y por qué pueden salvarnos la vida?* <http://autofameblog.blogspot.com/2016/07/que-son-las-zonas-de-deformacion.html>. (Accessed on 20/02/2023).
- [17] Yuliana Vazquez Arteaga, Elizabeth Pérez León, Leonel Rojas Juárez, Jesús A Ancelmo Ramírez et al. “Ley de la conservación de la energía”. En: *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río 7.14* (2020), págs. 62-65.

- [18] V.A. Irureta. *Accidentología Vial y Pericia*. Ediciones La Rocca, 2003. ISBN: 9789875170575. URL: <https://books.google.com.ec/books?id=11-WOAAACAAJ>.
- [19] Anibal O GARCIA. “APLICACIÓN DEL MOMENTO RESISTENTE AL CÁLCULO DE ENERGÍA CINÉTICA EN LAS ESTIMACIONES DE VELOCIDAD.” En: ().
- [20] JORGE ALBERTO CASTILLO GARZA. “DEFORMACIÓN PLÁSTICA EN UNA ALEACIÓN DE ALUMINIO TIPO 6063”. En: ().
- [21] *Este proyecto surge en 2013, pero no es hasta junio de 2017 cuando se procedió a comercializar la plataforma [www.eyescloud3d.com](http://www.eyescloud3d.com). Actualmente, es ya un producto consolidado, con clientes en varios.* <https://www.ideal.es/granada/empresa-democratiza-20190616033706-ntvo.htmlref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>. (Accessed on 20/02/2023).
- [22] Gustavo Enciso. “Diversas aplicaciones de integrales dobles en el cálculo del área de deformación de un vehículo”. En: *Primer Seminario Vial: La Física en la Accidentología.-Cátedra de Física Forense del Instituto de Cs. Criminalísticas-UNNE* 7 ().
- [23] Daniel François. “Choques frontales contra postes y columnas Aplicación del Modelo de Wood”. En: ().
- [24] *Manejo de EyesCloud3d.* [https://socinfodigital.es/wp-content/uploads/2022/03/2022eyesCloud3d\\_Presentaci%C3%B3n-sector-seguridad-eyesnroad-Socinfo-Digital-1.pdf](https://socinfodigital.es/wp-content/uploads/2022/03/2022eyesCloud3d_Presentaci%C3%B3n-sector-seguridad-eyesnroad-Socinfo-Digital-1.pdf). (Accessed on 20/02/2023).