



**INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ACADEMIA DE POLICIAS  
WALTER MENODZA MARTINEZ.**



**POSTGRADO EN CRIMINALISTICA.**



**FISICA APLICADA A LA RECONSTRUCCION DE ACCIDENTE DE  
TRANSITO PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD CON QUE INTERACTUAN  
LOS VEHÍCULOS ENTRE SI.**

**AUTORES.**

**LIC. PEDRO SEGURA MOJICA.**  
**LIC. WILLIANS ALBERTO SANTANA.**

**Managua, 17 de Marzo del año 2006.**

Dedicatoria.

Dedico este trabajo como ofrenda a Dios todo poderoso, porque él es dueño y señor de la sabiduría y nos ha brindado un poco, para darles a conocer este proyecto. Y a su hijo Jesús que es el intercesor entre Dios y los hombres, y nos da la fuerza para poder alcanzar las metas que nos proponemos en su nombre.

A mi familia que siempre me han apoyado y me dan aliento para seguir adelante, a mis hijas, Fernanda, Estephany, Amy.

*Lic. Willians Alberto Santana.*

## Agradecimiento

Le agradecemos a Dios por haber creado nuestras ideas, y desarrollar nuestros talentos para ejecutar este trabajo y porque siempre estuvo en los momentos mas difíciles dándonos sustento.

A los jefes superiores, al jefe de departamento, al jefe de sección, y a todos los compañeros peritos de Avexi, y a los compañeros del Laboratorio Central de Criminalística, que nos dieron la oportunidad de desplegar este trabajo.

A los docentes de la academia de policías Walter Mendoza Martínez que nos compartieron sus conocimientos.

A nuestras familias que son el soporte básico de nuestro trabajo día a día, y que siempre están atentos de las situaciones difíciles que nos rodean.

## **INDICE**

Dedicatoria  
Agradecimiento

<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>Pág.</b>
1.1	Aspectos introductorios	1

1.2	Problema de investigación	3
1.3	Metodología de la investigación.	4
1.4	Hipótesis	5
1.5	Objetivos generales y específicos	6
1.6	Marco teórico	7
<b>II</b>	<b>Resultados</b>	
2.1	Capitulo I. Propuestas y elementos indispensables para determinar la velocidad, con que interactúan los vehículos entre si, en los diferentes tipos de accidentes de transito	14
2.2	Capitulo II. Propuestas de ecuaciones físicas alternativas para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre si en los diferentes tipos de accidentes de transito	19
<b>III</b>	<b>Conclusiones.</b>	30
<b>IV</b>	<b>Recomendaciones.</b>	31
<b>V</b>	<b>Bibliografía</b>	32

**Anexos.**

## INTRODUCCIÓN

1.1 Es muy provechoso para los peritos del laboratorio central de criminalística de la especialidad de A.V.E.X.I.<sup>1</sup>, desarrollar el área investigativa que proyecte la demostración de cómo ocurren los accidentes de tránsito en Nicaragua. En la actualidad, existen una técnica que nos permite determinar, la velocidad con que interactuaron los vehículos en un accidente, la cual consiste en aplicar una sola ecuación física-dinámica, no importando el tipo de accidente (frontal, lateral, por alcance, etc.) hasta los accidentes que ocurren con los peatones. Los indicios o huellas encontradas en las diferentes escena de accidente de tránsito, constituyen una pieza muy importante al momento de una reconstrucción de accidentes, es una herramienta tan ignorada que en la inspección de la vía para reconstruir el accidente, la mayoría de las veces el perito especialista del laboratorio de A.V.E.X.I. estudia los fragmentos y daños de los vehículos para llegar a las conclusiones, ignorando la aplicación de la física-dinámica, basándose mas en el conocimiento empírico, que el conocimiento científico.

Por ello al concluir el perito sobre la velocidad de interacción de los vehículos en una reconstrucción de accidentes de tránsito, la aplicación de ecuaciones físicas-dinámicas en todo los casos es la misma, y es necesario establecer una ecuación física-dinámica por cada tipo de accidente, con sus respectivos detalles, para que sus análisis sean mas científicos, y así en las siguientes reconstrucciones sus pericias, contengan un 100 % de aciertos. Determinar la velocidad de los vehículos en un accidente de tránsito, requiere ciertos conocimientos físicos-dinámicos que se entiende como un experimento

---

<sup>1</sup> Averías explosiones e incendios

basado en la raíz de una constante que puede ser (2) para vehículos livianos o (4) para camiones o vehículos pesados, la multiplicamos por la gravedad o fuerza de atracción de la tierra que es de  $9.8 \text{ m/s}^2$ , luego se multiplica por un coeficiente de fricción que es nada mas que el rozamiento entre la llanta del vehículo y la superficie de rodamiento, que también es una constante y varía entre 0.3 y 0.8 dependiendo del estado de la superficie, todo lo anterior se multiplica por la distancia de las huellas de frenado encontradas en la escena del accidente.

Actualmente en la especialidad de A.V.E.X.I. del laboratorio Central de Criminalística, hemos propuesto algunas ecuaciones con aplicaciones de la físicas y la dinámicas, para los diferentes tipos de accidentes, las cuales producen una determinación mas acertada sobre la velocidad de un vehículo en los diferentes tipos de accidente de transito, ya sean frontales, perpendiculares, oblicuos, por alcance, etc. Al obtener un conocimiento científico sobre la aplicación de la física-dinámica en la reconstrucción de accidente de tránsito, mas los indicios encontrados y estudiados concienzudamente en una escena de accidente, y que el investigador halla realizado las averiguaciones necesarias, transformaremos las determinaciones y conclusiones en una ineludible prueba para encontrar al responsable o causante del accidente. Aportando unos de los elemento de prueba más importante al momento de que el juez o el jurado, tomen una decisión que le cambiará la vida a una o muchas personas en un juicio oral publico.

Con el argumento de proponer nuevas ecuaciones físicas-dinámicas, como un método mas científico en la determinación de la velocidad y como un soporte de certeza en la reconstrucción de accidente de tránsito, es que se ejecuto el reciente trabajo, intentando de esta manera contribuir para que en los juicios orales y públicos prevalezca la justicia.

En nuestro país el alto índice de accidentes de tránsito, la falta de conocimientos físicos-dinámicos y las técnicas empíricas para la determinación de la velocidad de los vehículos en una reconstrucción de accidentes, exigen proponer un método que nos arroje una conclusión mas probable, de cual era la velocidad con que interactuaron los vehículos, y que aporte un elemento mas científico al perito para llegar a la conclusión del culpable e inocente respectivamente. Por lo que proponemos ecuaciones físicas-dinámicas aplicadas a la reconstrucción de accidentes, como una alternativa, que sirva de fuente de conocimiento científico para el perito de la especialidad de A.V.E.X.I. En el trabajo diario del perito de la especialidad de A.V.E.X.I. del Laboratorio Central de Criminalística, al momento de realizar una reconstrucción de accidente de tránsito, nos hemos encontrado, con versiones de las partes incongruentes, punto de reposo de los vehículos diferentes del real, punto de impacto inexactos y a veces no hay huellas de frenado, así mismo en el estudio de estos elementos, se produce una duda de cómo pudieron haber interactuado los vehículos y a que velocidad circulaban, llegando el perito a sus determinaciones y conclusiones por su experiencia y no por sus conocimientos científicos de la física-dinámica, dejando un vacío sobre la certeza de sus conclusiones.



Al proponer una ecuación emanada de la física-dinámica y aplicándola a la reconstrucción de accidentes de tránsito, aportaremos un método mas científico, mas fiel, esclareciendo dudas de la velocidad y de la forma en que interactuaron los vehículos.

1.2 <sup>2</sup>El laboratorio de la especialidad de A.V.E.X.I. a través de sus peritos anualmente realiza aproximadamente 300 reconstrucciones de accidentes de tránsito, de todo tipo de accidentes (Frontales, oblicuas, por alcance y las derivadas de estos, etc.) utilizando la misma ecuación para llegar a sus determinaciones y conclusiones, basándose mas en sus conocimientos empíricos, pues la falta de conocimientos de los principios básicos de la física dinámica, de los peritos de la especialidad de A.V.E.X.I. en el laboratorio central de Criminalística, ha generado duda sobre la certeza de sus conclusiones en la determinación de la velocidad y la forma en que interactúan los vehículos en un accidente de tránsito. Por lo que nuestro problema es:

¿Como incide la aplicación de una sola ecuación física-dinámica para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre si, en los diferentes tipos de accidentes de tránsito, en las reconstrucciones de accidentes realizadas por los peritos de la especialidad de A.V.E.X.I. del laboratorio central de criminalística?

1.3 *El estudio* que realizamos es de tipo explorativo-descriptivo, retrospectivo y de corte transversal, el cual nos permitió establecer nuevas ecuaciones para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos en un accidente de tránsito, a través de la aplicación de los principios básicos de la física-dinámica en una reconstrucción de accidentes.

---

<sup>2</sup> Informe anual del laboratorio de Averías explosiones e incendios del Laboratorio Central de Criminalística.

Este estudio los realizamos con las muestras (informes) emitidos por la especialidad de A.V.E.X.I. en el segundo semestre del año 2004 en el Laboratorio Central de Criminalística.

La población de estudio estuvo constituida por los informes que se realizaron en el segundo semestre del año 2004 que equivale a 150 informes realizados por la especialidad de A.V.E.X.I. del Laboratorio Central de Criminalística.

La muestra de interés en el estudio, estuvo constituida por el 20 % de esos informes realizados por reconstrucción de accidentes de tránsito con un total de 30 muestras, Las muestras se eligieron al azar, tratando de aprovechar y encontrar en ellos las particulares básica para la lograr las diferentes variables de estudio

Los instrumentos que utilizamos fue:

<sup>3</sup>La entrevista la cual consistió en una consulta al único especialista en este campo de trabajo: Ing. José Salvador Rivas con el objeto de escuchar su experiencia en reconstrucciones de accidentes de tránsito, realizadas en el Laboratorio Central de Criminalística. Y que nos pudiera explicar el uso de la ecuación física que él utiliza y sus conocimientos sobre la aplicación de la física-dinámica.

El método de observación se realizó en el lugar de los hechos de las reconstrucciones de accidentes de tránsito, a través de la vivencia propia de los mismos.

---

<sup>3</sup> Jefe del laboratorio de A.V.E.X.I.

.- Operacionalización de variables

VARIABLE	SUB-VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	NIVEL
Tipos de accidentes de tránsito	Vehículo liviano	Colisión. -Frontales -Centrales -Excéntricas -Angulares	$V = \sqrt{2xgxuxd}$	Nominativo
	Vehículo Pesado	-Embestidas -Perpendiculares -Oblicuas  -Reflejas  -Por alcance. . .	$V = \sqrt{4xgxuxd}$	

1.4 La hipótesis que nos planteamos fue: “La aplicación de una sola ecuación física-dinámica incide en la determinación de la velocidad con que interactúan los vehículos entre si, en los diferentes tipos de accidentes de tránsito, en las

reconstrucciones de accidentes realizadas por los peritos de la especialidad de A.V.E.X.I. del laboratorio Central de Criminalística.

*1.5 Nuestros objetivos generales y específicos son los siguientes:*

El objetivo general es: “Analizar la aplicación de una sola ecuación física-dinámica en los diferentes tipos de accidentes de tránsito para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre sí, en las reconstrucciones de accidentes realizadas por los peritos de la especialidad de A.V.E.X.I. del laboratorio Central de Criminalística.”

Nuestros objetivos específicos son:

.- Proponer elementos indispensables para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre sí, en la reconstrucción de los diferentes tipos de accidentes de tránsito.

.- Proponer ecuaciones físicas-dinámicas alternativas para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre sí, en los diferentes tipos de accidentes de tránsito.”

### *1.6 Marco teórico.*

A parte de la aplicación de la física dinámica para el análisis mecánico de la colisión, en el estudio y reconstrucción de los accidentes de tránsito, en la relación a las causas que lo propician, existen otros factores que siempre deben de ser considerados cuidadosamente como elementos generadores de accidentes tales como: *el agente* (vehículo/s), *el huésped* (usuario de la vía, conductor, peatón, pasajero.) *el medio ambiente* (entorno) y *la vía*, que en el momento en que se rompe este equilibrio se produce el accidente, valga agregar un último factor, el irrespeto a *las normas de tránsito*.

La física-dinámica aplicada a la reconstrucción de accidentes de tránsito están encaminados a determinar las velocidades iniciales con que interactuaron los vehículos entre sí, empleando uno de los principios más generales de la mecánica; el principio de la conservación de la energía (<sup>4</sup>PCE), el que expresa que *“la energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma”*, que se traduce prácticamente, en la posibilidad de la determinación de la velocidad a

---

<sup>4</sup> Principios de conservación de Energía

partir de los resultados finales del accidente tales como: Posición final de los vehículos implicados, huellas, marcas sobre la vía, daños en los vehículos, en las personas, otros elementos etc., la aplicación de este principio de la conservación de la energía (PCE) es la base de la mayoría de las técnicas utilizados en la reconstrucción de accidentes a nivel mundial.

Por lo que la aplicación de este método, para encontrar las velocidades de los vehículos sin huellas de frenada o de arrastre requiere de una imagen rigurosa y exhaustiva de todas y cada una de las aportaciones iniciales de la energía, así como de los efectos finales en los que dicha energía inicial se ha transformado y de la habilidad, entrenamiento y pericia del perito para interpretar en la escena los indicios materiales <sup>5</sup>*testigos mudos que no mienten* que lo llevaran a la obtención de aquellas magnitudes físicas y determinar la culpabilidad del ó los conductores, y a la determinación crucial de “embestidor” y de “ embestido físico-mecánico y proveer al judicial de todas las herramientas para que este atribuya las responsabilidades penales o civiles. De ahí el rango de verdad de *la premisa que* <sup>6</sup>*los peritos somos los ojos y oídos del juez*

*La vía:* es el componente material, perenne, el cual permanece en su estado original por un largo periodo y lo consideramos un factor importante en la determinaciones y conclusiones en una reconstrucción de accidente de tránsito, así como las condiciones medio ambientales (si estaba lloviendo, nublado, soleado, etc.)

---

<sup>5</sup> Edmond Locard

<sup>6</sup> Edmond Locard

*El vehículo:* Esta dentro del problema general en una reconstrucción de accidentes de tránsito debemos tomar en cuenta el estado técnico de los vehículos y la seguridad que este presenta la cual analizamos de esta forma.

a).- *Estado técnico activo:* Son mecanismos que funcionan al vehículo circula:

- .- Luces (Focos, pida vías, etc.)
- .- Sistema de frenos.
- .- Sistema de dirección.
- .- Limpia parabrisas (Si estuvo lloviendo)
- .- Espejos.
- .- Neumáticos. (El grosor del grabado de estos y la calidad)
- .- Otros.

b).- *Estado técnico pasivo:* Son los mecanismos que desarrollan su función al momento del accidente:

- .- Cinturón de seguridad.
- .- Apoya cabezas
- .- Detenciones de asientos y cinturones.
- .- Bolsas de aires.
- .- Asientos especiales para niños.
- .- Casco de protección (Si conduce motocicletas)
- .- otros.

c).- *Estado técnico post-accidente:*

- .- De los neumáticos.
- .- Del sistema de dirección.
- .- Del sistema de frenos.

- Del alumbrado de la vía. (Si el accidente ocurrió durante la noche)
- De las condiciones ambientales (Lluvia, neblina, etc.)
- Son los elementos a los que se le debe tener mayor atención por su vitalidad.

*El hombre:* Es el principal objeto de seguridad en la circulación vehicular pues es el que tienen el control del vehículo, y tienen a la vista todo lo que sucede a su alrededor debiendo el perito de la especialidad de A.V.E.X.I. tomar en cuenta los siguientes aspectos.

*1).- Durante la entrevista (a los conductores):*

- Si tienen dominio del estado técnico del vehículo.
- Escuchar y observar la actitud temeraria o responsable de la persona.
- Si toma el incidente con mucha responsabilidad, haciendo conciencia.
- Si ha sido infraccionado en reiteradas ocasiones.
- Saber cual la edad.
- Si ha pasado cursos de educación vial, cuantos, donde, cuando, resultados.

*2).- El fallo humano.*

- Polarización afectiva (Depresión, estrés, etc.).
- Irrespeto a la señales de tránsito. (Tomando actitudes temerarias)
- Defecto psíquico-físico (Problemas en la vista, parálisis, cardiacos, Etc.).
- Alcohol y tóxicos (Drogas, etc.)
- Por sueño, fatiga, etc.

*Causas de los accidentes de tránsito:*

- 1).- Causas secundarias:* Son las que ayudan a que el accidente ocurra.



- Deficiencia en la conducción del vehículo.
- Deficiencia en la condición de la carretera.
- Estado del medio ambiente (Lluvia, neblina, etc.)
- Deficiencias del conductor. (Problemas físicos, psíquicos, falta de conocimientos, falta de experiencia, falta de pericia)

2).- *Causas primarias:* Son las que causan directamente el accidente.

- Exceso de velocidad (Irrespeto a las normas de circulación vehicular)
- Falta de percepción.
- Falta de conocimientos de evasión.
- Apoyarse en una condición negativa.

*Clases de accidente tránsito:*

- |                             |                               |  |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| <i>.- Por su situación.</i> | <i>.- Por sus resultados.</i> | <i>.- Por la cantidad de vehículos</i> |
| - Urbanos.                  | - Homicidio.                  | - Simples.                             |
| - Interurbanos.             | - Lesiones.                   | - Complejos.                           |
| - Rurales.                  | - Daños materiales            |  |

- |   |                      |                        |
|---|----------------------|------------------------|
| <i>.- Por el modo en que se producen.</i> | <i>.- Atropellos</i> | <i>.- Otros.</i>       |
| - Choque (Elemento fijo)                  | - Peatón.            | - Sumersión.           |
| - Colisiones.                             | - Animales.          | - Incendio.            |
|   | - Bicicletas.        | - Explosión.           |
|   | - Ciclomotores.      | - Caídas de pasajeros. |

Colisiones:

- 1.- frontales (Central, excéntrica, angular)
- 2.- Embestidas (Perpendiculares y oblicuas, estas pueden ser Anteriores, centrales y posteriores.)
- 3.- Reflejas.
- 4.- Por alcance.
- 5.- Por raspado (Negativo, positivo)
- 6- Salida de la vía. (Con vuelco, pueden ser de tonel o de campana)

Colisiones: se llama así a los encuentros violentos entre dos o mas vehículos en movimiento, pudiéndose dividir además en frontales (central, excéntrico, angular), embestidas (perpendiculares y oblicuas, las que ala ves pueden ser anteriores, centrales o posteriores), reflejas y colisiones por alcance.

### *La energía cinética*

Como es denominada en los textos especializados sobre investigación y reconstrucción de accidentes, *fuerzas vivas*, es una magnitud escalar cuyo

valor es.  $E_c = \frac{1}{2} m \times v^2$

Como consecuencia de lo anterior se observa que la energía cinética se mide en las mismas unidades que las del trabajo (julios)

### *Energía potencial gravitacional*

Es la aptitud que tiene el peso de los cuerpos para realizar un trabajo, al caer en virtud de su altura o configuración.

$$E_p = m \times g \times h$$

Cuando un cuerpo se traslada de una posición a otra en la misma horizontal, no realiza trabajo contra la gravedad ( $h=0$ ), el trabajo que se realiza únicamente es para vencer las fuerzas de rozamiento.

La energía cinética ( $E_c$ ) o fuerza viva, en si misma es difícil de concebir para obtener un elemento comparativo, al compararla con la energía potencial gravitacional tenemos.

$$E_c = E_p$$

$$\frac{1}{2} m \times v^2 = m \times g \times h$$

#### *Energía frenante:*

Este termino se emplea para definir la cantidad de energía desarrollada por los neumáticos en la fase del desplazamiento que va desde el punto de colisión hasta el punto de posición final de los vehículos que son colisionados, o desde que actúan sobre los frenos hasta el punto de colisión o hasta la posición final, según los casos.

$$E_f = m \times g \times \mu \times d$$

La relación entre la ( $E_c$ ) y la ( $E_f$ ) estas tienen un valor equivalente, por lo que puede establecerse una conjunción de ambas expresiones y llegar a inferir por medio de procedimientos algebraicas, la siguiente expresión para el cálculo de la velocidad:

$P_1$  = del que colisiona

$$E_c = E_f$$

$\mu$  : Coeficiente de adherencia.

$$\frac{1}{2} m \times v^2 = m \times g \times \mu \times d$$

$P_2$  = del colisionado

$d$  : Desplazamiento.

$$V = \sqrt{\frac{2 \times P_2 \times \mu \times g \times d}{P_1}}$$

Huella de frenada:

Las huellas de frenada son el resultado del bloqueo de las ruedas, al accionarse con suficiente presión el pedal de los frenos, sobreviniendo el deslizamiento de los neumáticos, los que en roce y fricción contra superficie de la vía, generan un intenso desprendimiento de calor, erosionando la goma de las bandas de rodamiento, estas limaduras se impregnan durante un cierto tiempo en el pavimento constituyendo la huella de frenada, depositándose en la trama del dibujo y en el pavimento se puede recoger humedeciendo la yema del dedo, esta huella de frenada desaparecen rápidamente, son transitorias puede durar minutos o horas, es afectada directamente por el viento, la lluvia y por el accionar del tránsito o bien por acción intencional

## **CAPITULO I.**

### **PROPUESTAS DE ELEMENTOS INDISPENSABLES PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD CON QUE INTERACTUAN LOS VEHICULOS ENTRE SI, EN LOS DIFERENTES TIPOS DE ACCIDENTES DE TRANSITO.**

*Tiempo de respuestas o acción de los frenos.*

Se estima en el intervalo de  $\frac{2}{10}$  a  $\frac{6}{10}$  de segundos, lo que ocasiona un recorrido post-acción de los frenos, este tiempo es alterado por las condiciones psicofísicas que deben de ser tomadas en cuenta a la hora del calculo de la velocidad; los tóxicos, disminuyen los reflejos, lo que físicamente se expresa en un aumento en el tiempo de reacción, así como el cansancio, la edad, la tensión emocional, etc.

*Tiempo de reacción.*

Oscila entre (0.5 y 2.0 segundos) es el tiempo que transcurre desde el punto de percepción real (<sup>7</sup>P.P.R) y el inicio de la maniobra evasiva.

Nota: con auxilio de un cronometro habiendo determinada ya la velocidad, es factible la ubicación del (P.P.R), en la reconstrucción.

Ejemplo:

Datos	Ecuación	Solución
$d = 10\text{mts}$	$V = \sqrt{245.5 \times 0.7 \times 10}$	$= 42\text{k/h} = 11.4\text{m/s}$
$e = 11.4 \times 2 = 22.8\text{mts}$		
$\mu = 0.7$		$e = V \times t_r \Rightarrow e = V \times t_a$
$e_r = 22.8\text{mts}$ y $e_a = 6.84\text{mts}$		
$t_r = 2\text{s}$	$T_t = t_r + t_a$	$T_T = 2 + 0.6 = 2.6\text{s}$
$t_a = 0.6\text{s}$	$e = V \times T_t$	$e = 11.4 \times 2.6 = 29.6\text{mts}$
$e = 4.5\text{mts desplazamiento sin marcar}$		
$V_o = ?$	$V_o = \sqrt{254.5 \times 0.7 \times 18.24}$	$V_o = 57\text{k/h} = 15.8\text{m/s}$

Que a esta distancia de 29.6m se encuentra el punto de percepción real, desde donde el conductor se percibe de la situación conflictiva y en el tiempo transcurrido de 2.6 segundos las bandas de rodamiento inician a imprimir la huella de frenada en la superficie de la vía.

Y la velocidad que se determina de 57 Km. /h tiene mayor aproximación a la inicial con la que se desplazaba el vehículo antes de iniciar la maniobra evasiva.

---

<sup>7</sup> Punto de percepción real

( $t_r$ ) Del conductor, nos sirve para encontrar en la evolución del accidente al punto de perfección real (P.P.R), a que distancia desde el inicio de la maniobra, ya se han aplicado los frenos o realizada una maniobra evasiva.

*Ejemplo:*

Si un vehículo deja una huella de frenada de longitud de 20m, en una maniobra evasiva, sobre una superficie de coeficiente de fricción de 0.6, su velocidad inicial la determinaríamos tomando los datos del problema anterior.

El (PPR), en que el conductor del vehículo se percibe de la dificultad en la vía, el cual se encuentra a 19.4 m, antes del inicio de la huella de frenada, aplicando la ecuación, general la velocidad es.  $V = 55.2 \text{ K/h} = 15.2 \text{ m/s}$

La determinación del PPR, al inicio de la huella de frenada es el método mas aproximado para el calculo de la velocidad que llevaba el vehículo antes de iniciar la maniobra evasiva.

Este procedimiento que aquí se deduce y presenta, tiene la ventaja y facilidad de presentar una secuencia lógica de la aplicabilidad de la física dinámica, al caso.

Mostrando claridad en sus etapas y en la comprobación de sus resultados.

Para el caso en que se conozca el espacio entre PPR y el inicio de la frenada, ejemplo:  $e_1 = 19.4 \text{ m}$ , determinar la velocidad inicial.

$$e = 19.4 \text{ m}$$

$$t_a = 0.95$$

$$V = 58.7\text{k/h} = 16.3\text{mts.}$$

Si este resultado se expresa en el

intervalo de  $(55 \text{ k/h} \geq V \leq 65 \text{ k/h}$

Por errores en exceso o defecto.

$$e_a = 17mts$$

$$v_o = 55k/h = 15.2mts.$$

El tiempo de respuesta o de acción

( $r_a$ ). Es el tiempo en que los frenos no ejercen toda su fuerza, recorriendo un espacio determinado (2/10 a 6/10 seg.)

En todo caso a la hora de determinar la velocidad, siempre habrá que añadir el espacio recorrido en el tiempo de acción de los frenos y el espacio o deslizamiento antes de comenzar el grabado por la fricción y el calentamiento del grabado o dibujo de la banda de rodamiento.

Tiempo para el recalentamiento:

Debemos entender como el tiempo que transcurre, para que el neumático se recaliente lo necesario por la fricción entre ambas superficies (banda o dibujo y pavimento) dándose el desprendimiento del material (polímeros) de la banda de rodamiento y marque la huella.

En este intervalo, observándose con el ángulo adecuado una ligera sombra o tiznadura de longitud estimada en el intervalo. ( $1m \geq h \leq 4m$ )

Que es la representación gráfica de la cinemática del movimiento de la física-dinámica en una maniobra evasiva, concerniente a la aplicación de los frenos y de las características de la superficie de la calzada y de la calidad de la inspección ocular en el lugar de los hechos.



Para calcular la velocidad inicial de los vehículos, cuando colisionan en pendientes y ambos móviles dejan impregnadas las huellas de frenada.

- 1) Proceder a encontrar un intervalo de la velocidad, en función de la huella de frenada, por medio de la ecuación general, obtenemos la velocidad remanente.
- 2) La pendiente de inclinación la optemos por métodos trigonométricos o regla de tres.
- 3) El coeficiente de fricción.
- 4) Eficacia de los frenos en tanto por ciento.
- 5) Espacio recorrido en el tiempo de acción ( $t_a$ ) ò de respuesta.
- 6) Espacio recorrido antes del bloqueo de los frenos.
- 7) Inspección de la carga.

Ya hemos indicado que uno de los mayores problemas que se presentan en la reconstrucción e investigación de accidente de tránsito, es poder llegar a inferir en base a la recopilación de los indicios, la velocidad inicial de la cual estaban animados de movimiento, los auto-motores colisionantes, para poder basar una acusación por infracción de las normas de circulación o una temeridad manifiesta.

La determinación la velocidad en función de la longitud de las huellas de frenada. La eficacia de los dispositivos de frenos, se miden bien, mediante la distancia de frenada, o bien a través de la deceleración media en movimiento.

Para la determinación del coeficiente de rozamiento.- ( $C_R$ ) con velocidades experimentales.

$$C_r = 0.004114 \left( \frac{v^2}{D} \right)$$

$$C_r = 4114 \times 10^{-6} \left( \frac{v^2}{D} \right)$$

La velocidad debe de mantenerse constante durante el desplazamiento experimental.

*La eficacia de los frenos debe estar en relación con el peso de los vehículos, esta eficiencia casi nunca llega al 80%, debido a que ningún vehículo en movimiento con velocidad significativa va a detenerse de forma simultánea, siendo la eficacia más común encontrada del 70%. Por lo que representamos un cuadro de la eficacia con relación a la declaración, en la siguiente escala:*

100%	9.81 m/s <sup>2</sup>
70%	6.87m/s <sup>2</sup>
60%	5.88 m/s <sup>2</sup>
50%	4.90 m/s <sup>2</sup>
40%	4.92 m/s <sup>2</sup>
30%	2.94 m/s <sup>2</sup>
20%	1.96 m/s <sup>2</sup>
10%	0, 98 m/s <sup>2</sup>

## **CAPITULO II**

### **PROPUESTA DE ECUACIONES FÍSICAS ALTERNATIVAS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD CON QUE INTERACTÚAN LOS VEHÍCULOS ENTRE SI, LOS DIFERENTES TIPOS DE ACCIDENTES DE TRANSITO.**

En este capitulo a continuación proponemos ecuaciones físicas-dinámicas para determinar una velocidad más acertada refiriéndonos a los casos o supuestos mas frecuente en las reconstrucciones de accidentes de transito:

#### **Velocidad del vehículo que no frena antes de producirse la colisión**

Estamos analizando el caso en que el vehículo colicionante se desplaza con una velocidad desconocida y llega a impactar contra un vehículo con velocidad

nula y fuerza viva igual a cero por estar en reposo, no obstante el móvil que colisiona es portador de energía cinética o fuerza viva que parte de esta se transformara en la realización de un trabajo físico al desplazar al vehículo colisionado.

Para determinar la velocidad de ambos vehículos después de la colisión empleando:  $v = \sqrt{2 \times \mu \times g \times D}$   $D = longitud\ de\ desplazamiento$  para luego proceder a determinar la velocidad a la que viajaba el móvil antes de la colisión.

**Ejemplo:**

Un automóvil en movimiento colisiona contra otro aparcado al borde de la calzada; el vehículo colicionante pesa 1000 kilos y el colisionado 1500 kilos, recorriendo uní-dimensionalmente una distancia de 10 m, el automóvil colisionado tiene la banda de rodamiento con poco gravado y la superficie de la calzada usado y seco.

**Datos**

$$D = 10\text{mts}$$

$$V = \sqrt{2 \times 0.6 \times 9.8 \times 10} = 10.8\ m/s$$

$$\mu = 0.6$$

$$V = 38.88\ k/h$$

$$P_1 = 1000\ k$$

$$P_2 = 1500\ k$$

**Ecuación**

$$V = \sqrt{2 \times \mu \times g \times D}$$

Velocidad común después del impacto

$$V_R = ?$$

Aplicando a este mismo problema la ecuación resultante de *la relación entre la energía vivas y energía frenante* con la finalidad de obtener una mayor aproximación tenemos:

$$\frac{P_1 \times V^2}{2 \times g} = \mu \times D \times P_2 \quad \Rightarrow \quad V = \sqrt{\frac{2 \times P_2 \times g \times \mu \times D_1}{P_1}}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \times 1500 \times 9.8 \times 0.60 \times 10}{1000}} = 13.3 \times 3.6 = 47.8 \text{ k/h}$$

Podemos notar en el primer calculo que empleando la ecuación general nos arroja un valor de 39k/h y que haciendo uso de la ecuación que relaciona la energía viva y la energía frenante, introducimos una magnitud física mas, como es el peso de los vehículos, por lo cual nos proporciona el dato de 47.8k/h resultando mas exacto.

La formula general para calcular la velocidad de ambos vehículos, después de la colisión ( $V_R$ ) y para determinar *la velocidad del vehículo colicionante antes de producirse el impacto* o colisión, emplearemos la igualdad entre la adición de las cantidades de movimiento de los vehículos colisionados antes y la cantidad de movimiento total de los móviles en movimiento unidimensional.

$$P_1 + P_2 = P_R \quad \Rightarrow \quad V_1 = \frac{(m_1 + m_2) \times V_R^2}{m_1}$$

La seguridad de un vehículo esta en relación con la eficacia de la frenada y del menor tiempo empleado en detenerse cual quiera que sean sus condiciones de

carga y las características de la vía por el que circula sea horizontal o en declive ascendente o descendente, por lo tanto la eficacia de la frenada debe de estar en relación con el peso del vehículo es decir que la fuerza de frenada debiera de ser igual al 100% del peso del automotor pero raras veces se llega al 90% , si consideramos buenos a los frenos cuando tienen una eficacia de 80% siendo la eficacia normal del 70%.

Emplearemos la siguiente ecuación para determinar el espacio en que se detendrá el vehículo con frenos de eficacia de 80%.

$$e_f = \frac{100 \times (-a)}{g} \qquad e_f = \frac{V^2}{200}$$

Donde (-a) representa la deceleración, la unidad de la eficacia de los frenos ( $e_f$ ) es el metro por tratarse de un espacio que se recorre con bloqueo relativo del sistema de frenado.

<i>Datos</i>	<i>ecuaciones</i>	<i>procedimiento</i>
--------------	-------------------	----------------------

$$P_2 = 1500\text{kg} \Rightarrow m_2 = 153\text{kg}.$$

Es decir que el vehículo colisionante circulaba a una velocidad aproximada a 107 k/h, este dato no es absolutamente exacto, por que puede influir que el vehículo colisionado este o no frenado, tenga o no puesto un cambio, etc., pero siempre proporciona una cifra aceptable cercana a la realidad por que

participan los pesos de los vehículos, por que la velocidad estará entre el intervalo siguiente ( $100k/h \leq v \leq 110k/h$ )

### **Caso en que el vehículo frena antes de la colisión con el detenido.**

Se trata de un evento, igual que el primero, salvo que el vehículo colisionante esta vez ha frenado previamente al impacto durante un tiempo y espacio determinado.

Durante este movimiento el móvil sufre una deceleración en su fuerza viva o Cinética, la cual fue entregada durante la frenada. *En consecuencia la energía cinética o fuerza viva, será igual a la energía de frenada, adicionándole la fuerza viva en el momento del impacto;* pudiéndose expresar de la siguiente manera.

$$E_{c1} = E_f + E_{c2} \quad \text{solo para el vehiculo colisionante}$$

Efectuando las sustituciones respectivas y por medio de procedimientos algebraicos de terminamos la siguiente ecuación para la velocidad del vehículo antes de comenzar la frenada.

$$V_1 = \sqrt{2 \times \mu \times g \times d \times f + V_2^2}$$

$f$  = Es la eficacia de los frenos.

Nota: Primero debemos tratar el caso como que no hubo huella de frenada y determinar la velocidad del vehículo colisionado por medio de la adición de las cantidad de movimiento de los móviles antes de la colisión y la cantidad de

movimiento resultante, luego este dato lo incluimos dentro del radical para el caso, la que tenemos que determinar es la  $V_1$  en función de una huella de frenada.

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 - 2 \times \mu \times g \times d}$$

Esta ecuación nos proporciona la velocidad del vehículo en el instante de la colisión.

### ***Vehículo que colisiona con otro que le precede (Le da alcance).***

Se trata del caso clásico, de la colisión por alcance; lo que consiste cuando un determinado vehículo circula a una determinada velocidad, es alcanzado por otro que lo supera en velocidad. Identificamos en este caso los siguientes cinco elementos. Sean ( $m_1$  y  $m_2$ ) las masas de los vehículos alcanzante y alcanzado, las velocidades ( $V_1$  y  $V_2$ ) correspondiente a ambos vehículos y la velocidad de desplazamiento de ambos vehículos, después de interactuar.

$V_1 \neq 0$  y  $V_2 \neq 0 \therefore V_1 \geq V_2$  nota: la velocidad uno es mayor que la velocidad dos.

### **Velocidad del vehículo alcanzante.**

Procedemos a calcular la velocidad de *desplazamiento* de ambos vehículos unidos, para lo que debemos de conocer previamente la distancia de desplazamiento, así también los coeficientes ( $\mu$ ) de adherencia y el valor de la acción gravitacional a la masa del móvil, por lo que procedemos a aplicar la expresión ya conocida ò general.

$$V_3 = \sqrt{2 \times \mu \times g \times D}$$



## Velocidad del vehículo alcanzado

Partimos que la masa de todo cuerpo se puede expresar como el cociente de su peso, por acción de la gravedad de el sobre este y conociendo la velocidad a la que marcha el vehículo alcanzado, podemos emplear la expresión siguiente.

$$P_1 + P_2 = P_R \Rightarrow P_1 = P_R - P_2$$

$$V_1 = \frac{(m_1 + m_2) \times V_R - m_2 \times V_2}{m_1}$$

Notemos que esta es similar a la contemplada para caso del vehículo que colisiona a otro detenido, con la salvedad que en este supuesto el vehículo colisionado o alcanzado se desplaza con una velocidad de igual sentido que el vehículo colisionante.

*Ejemplo:* dos vehículos se desplazan en sentido de Este a Oeste, el primer móvil de masa igual a 1200 newton, colisiona al segundo vehículo en movimiento de peso igual a 1400 newton, por alcance, sufriendo un desplazamiento ambos móviles de 40 m, la superficie de la calzada es de asfalto usado en perfecto estado y seco.

*Datos*

*Ecuaciones*

*Solución.*

$$m_2 = 142.8kg$$

$$m_1 = 122.4kg$$

$$D = 40mts$$

$$\mu = 0.6$$

$$V_R = \sqrt{2 \times \mu \times g \times D}$$

$$V_R = 78k/h = 21.7m/s$$

$$V_2 = 70k/h = 19.4m/s$$

$$V_1 = \frac{(m_1 + m_2) \times V_R - (m_2 \times V_2)}{m_1}$$

$$V_1 = 24.4m/s = 87.7k/h_1$$

En el caso en que el vehículo alcanzante o el alcanzado frenara antes de producirse la colisión se aplicara la siguiente expresión.

$$V_o = \sqrt{2 \times \mu \times g \times d + V_1^2}$$

Sea en el ejemplo anterior el móvil que dio alcance frena antes de impactar dejando una huella de frenada de 30 m de longitud, la velocidad con que desplazaba antes de la maniobra evasiva ( $V_o$ ) se determina.

$$V_o = \sqrt{2 \times 0.6 \times 9.8 \times 30 + (24.4)^2}$$

$$V_o = 30.8m/s = 110.8k/h$$

### **Colisión de dos vehículos que se mueven en direcciones opuestas**

#### **Colisiones centrales frontales.**

En este supuesto *los ejes longitudinales de ambos vehículos coinciden*, para este caso emplearemos una ecuación similar a utilizada para calcular la velocidad del vehículo alcanzante, con la salvedad de que lesera adicionada la cantidad de movimiento o momentún del vehículo colisionado, en lugar de ser restado.

$$V = \frac{(m_1 + m_2) \times V_R + m_2 V_2}{m_1}$$

En la cual la  $(V_R) = f(D)$  y la  $(V_2)$  debe de ser conocida, en el caso en al menos uno de los móviles imprimiera huellas de frenado emplearemos la ecuación siguiente.

$$V_o = \sqrt{2 \times g \times \mu \times f \times d + V_R^2}$$

### **Ejemplo**

Datos

$$V_1 = \frac{1}{112.2} (112.2 + 132.6) \times 8.2 + 132.6 \times 18 = 39 \text{ m/s} = 140 \text{ k/h}$$

$$P_1 = 1100 \text{ N}$$

$$P_2 = 1300 \text{ N}$$

$$V_2 = 65 \text{ k/h}$$

$$\mu = 0.7$$

$$D_2 = 5 \text{ mts}$$

### **Colisiones excéntrica**

Cuando sucede una colisión central de forma excéntrica *los ejes longitudinales son paralelos pero no coincidentes* se producen desplazamientos anormales que difieren de las fuerzas de colación, participando e influyendo la fuerza centrífuga, resbalamientos asta anular totalmente su movimiento y encontrando el reposo, siendo factible aplicar la ecuación general que iguala la energía cinética del primer vehículo antes del impacto con la adición de la energía

perdida antes, con la energía perdida en el impacto y la energía perdida después del impacto

$$E_C = \frac{1}{2} m_1 \times V^2$$

$$E_{PO} = m \times g \times \mu \times f \times d$$

$$E_{PI} = \frac{m_1 \times m_2}{2(m_1 + m_2)} \times (V_1 + V_2)^2$$

$$E_{pf} = m \times g \times \mu \times f \times D$$

Para simplificar los cálculos despreciaremos en la igualdad la energía perdida en la colisión, siendo el resultado la expresión.

$$V_1 = \sqrt{\frac{2((m_1 \times g \times \mu \times f \times d) + (m_1 \times g \times \mu \times f \times D))}{m_1}}$$

La que lesera aplicada a cada móvil por separado.

### **Colisiones de vehículos en marcha perpendicular.**

Este es el tipo de colisiones que sucede en las intersecciones que se interceptan en forma de cruz, en (T) etc. En estas colisiones los móviles se

desvían de su marcha inicial, sufriendo una desviación en el sentido de la fuerza aplicada, la intensidad de la desviación está en dependencia de la energía cinética de ambos los vehículos. Para el cual se cumple el axioma: *tanto mayor es la energía cinética de uno de los vehículos, tanto menor resulta su desviación respecto a su dirección primitiva.*

1.-la velocidad del vehículo uno se obtiene en función del desplazamiento ( $D_1$ )

2.-la velocidad del vehículo dos se obtiene en función del desplazamiento ( $D_2$ )

Para la obtención de las velocidades iniciales al impacto, aplicaremos la expresión ya conocida.

$$V_1 = \frac{(m_1 + m_2) \times V_{31}}{m_1}$$

Utilizar el mismo procedimiento para determinar la velocidad inicial del vehículo número dos. Hay que tener en cuenta que la velocidad ( $V_{31}$ ) está referida a la velocidad obtenida por el desplazamiento pos impacto del vehículo uno, por lo tanto la velocidad ( $V_{32}$ ) estará referida a la velocidad remanente obtenida por el segundo vehículo en función del desplazamiento.

En el caso de que alguno de los vehículos hubiese frenado con antelación a la colisión, se menester la determinación de dicha velocidad, la obtendremos por medio de la ecuación siguiente.

$$V_1 = \sqrt{2 \times \mu \times g \times d + V_2^2}$$

En la velocidad ( $V_2$ ) se obtiene en función de la huella de frenada.

**En el supuesto caso**

En que *uno solo de los vehículos lleve velocidad y el otro este con velocidad cero*. Se aplica la anterior ecuación.

*Si ambos llevan velocidad* la ecuación se expresa por medio de la adición de las energías vivas de los móviles antes y la energía viva después, considerando que el desplazamiento es unidimensional.

$$E_{C1} + E_{C2} = E_{CR}$$

$$\frac{1}{2} m_1 \times v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 \times v_2^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \times V_R^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{(m_1 + m_2) \times v_3^2 - m_2 \times v_2^2}{m_1}}$$

Si el supuesto o caso es que *el segundo vehículo este con velocidad nula*.

$$v = \sqrt{\frac{(m_1 + m_2) \times v_R^2}{m_1}}$$

Estas ecuaciones que son deducidas serán de mucha importancia para el tratamiento de los indicios aportados por la inspección minuciosa y detallada en la reconstrucción de accidente por acción de impacto, por giros indebidos y en

los casos de colisiones por alcance, tipologías que están dentro del enfoque de nuestro estudio inmediato.

En caso de las motocicletas que son vehículos en que actúan dos frenos conjuntamente.

Usamos la expresión  $V^2 = 150 \times d$  o  $V = 12.24\sqrt{d}$  para la obtención de la velocidad.

En el mismo vehículo para aplicar la expresión siguiente en función de la velocidad de prueba, la distancia de frenada experimental y la huella del caso, emplearemos la ecuación siguiente.

$$\frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{l_1}{l_2}$$

## CONCLUSIONES.

“Los elementos propuestos en el capítulo I, son indispensables para que los peritos de reconstrucción de accidentes de tránsito tengan una visión mas amplia del accidente y al momento de aplicar las ecuaciones físicas-dinámicas para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre si, sus conclusiones sean mas exacta.

“El perito al tener conocimiento de todos lo elementos que proponemos en el capítulo I podrá realizar un esbozo de los momentos del accidente localizando los momentos de cómo evoluciona el accidente, y de cómo va a aplicar sus conocimientos físicos-dinámicos.

“Las ecuaciones propuestas en el capítulo II están dirigidas al enriquecimiento físicos y dinámicos de los peritos de A.V.E.X.I. ya que de ahí realizaran una determinaciones y conclusiones de la velocidad con que interactúan los vehículos en un accidente de transito dándole una certeza mas científica,



cuando estos en sus informes y atestados ante las autoridades judiciales, fiscales y policiales tengan que defender la ciencia-analítica de sus pericias”.

“Al adoptar procedimientos alternativos complementarios para la investigación y reconstrucción de accidentes en materia de tránsito, en el que se implementen principios y leyes de la física dinámica, por los peritos del laboratorio central de Criminalística de la especialidad nacional de A.V.E.X.I. Va a generar la posibilidad de un análisis con más profesionalidad, mayor credibilidad, eliminando la variable de ser un colaborador necesario por tener limitación de conocimientos.

#### RECOMENDACIONES.

“Los peritos de reconstrucción de accidentes, se profesionalice en una carrera que le pueda dar los conocimientos básicos de la física-dinámica.

“Dar a conocer las ecuaciones que estamos proponiendo en este trabajo a todos los peritos del laboratorio de la especialidad de A.V.E.X.I. de una manera clara y detallada.

“Las ecuaciones propuestas en este trabajo sean tomadas como una técnica ineludible para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos en un accidente de tránsito.

“Tomar de referencia este proyecto que es el primero en el área de Avexi y podría abrir nuevos horizontes a los próximos peritos venideros a la especialidad nacional de A.V.E.X.I.

“presentar este trabajo como material de estudio necesario para los que se dedican a este menester de investigar y reconstruir accidentes de tránsito para subsanar faltas de conocimiento, así como otras categorías en la ciencia matemáticas, tales como álgebra vectorial y otros conocimientos básicos de interés.

## BIBLIOGRAFÍA

1.- Investigación de accidentes de tránsito, Dirección general de tráfico, Comandantes Joaquín Borrel Vives y Pedro Algaba García editorial Graficas-Lormos S.A. Isabel Méndez 15- 28038 Madrid España, depósito legal 1991

2.- Física General. Beatriz Alvarenga Álvarez y Antonio Máximo Ribeiro da luz. Editorial Harla México 1991.

3.- Física segunda edición, Jerry D. Wilson, lander university, editorial Pearson educación, México 1996.

# ***ANEXOS***

## Formato para la entrevista.

### I. Generales

⇒ Entrevistado \_\_\_\_\_

⇒ Cargo \_\_\_\_\_

⇒ Entrevistado Por \_\_\_\_\_

⇒ Ente \_\_\_\_\_

⇒ Lugar \_\_\_\_\_

⇒ Fecha \_\_\_\_\_

⇒ Hora \_\_\_\_\_

### II. Desarrollo.

¿Cuál es la importancia que tienen para la reconstrucción de accidente de tránsito la aplicación de formulas físicas-dinámicas?

A través de su experiencia en reconstrucción de accidentes de tránsito  
¿Cuáles son los tipos de accidentes que con mayor frecuencia se llegan a determinar en una reconstrucción de accidentes?

¿Cree usted que una investigación científica sobre física-dinámica para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos entre sí, en una reconstrucción de accidentes les arrojará las pautas para que las determinaciones periciales sean más acertadas?

¿Cuáles son los elementos necesarios para poder aplicar una ecuación física-dinámica a una colisión entre vehículos y poder determinar la velocidad de estos de una manera exacta?

¿En la actualidad en este laboratorio se trabaja en algún método nuevo para determinar la velocidad con que interactúan los vehículos en un accidente de tránsito?



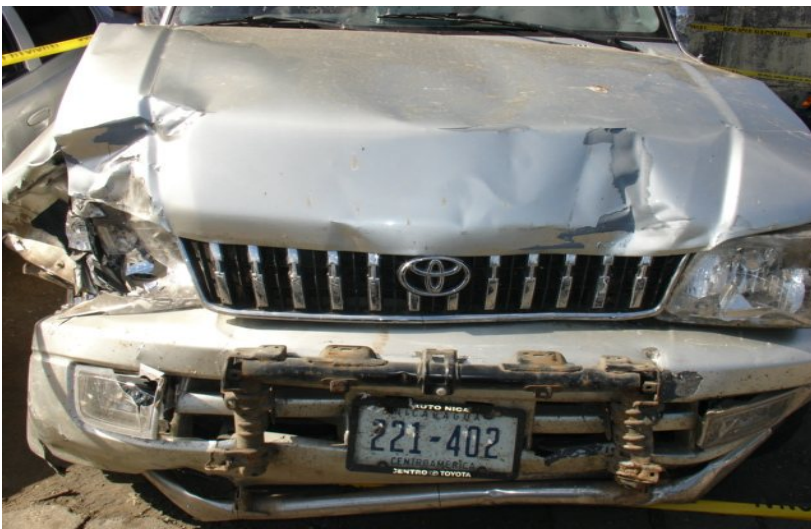
Colisión por investida lateral izquierda



Huellas formadas en el costado izquierdo por una investida lateral anterior derecha



Abolladura por investida lateral



Huellas por impacto frontal